Dec.
1918 m

Wolff. Sm. Ph.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Die

chemischen Forschungen

auf dem Gebiete der

Agricultur und Pflanzenphysiologie.

Ein Supplementband für die Lehrbücher

der

Agriculturchemie, physiologischen Chemie und der rationellen Landwirthschaft.

Mit sorgfältiger Benutzung der Original-Abhandlungen und Schriften

ausgearbeitet

von

Emil Th. Wolff
Doctor der Philosophie.

Leipzig, 1847.
Verlag von Joh. Ambrosius Barth.

760. 2.

Digitized by Google

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Digitized by Google

Vorrede.

Dem vorliegenden Werke sind nur wenige einleitende Worte über dessen Entstehung und Inhalt vorauszuschicken. Es war die Absicht des Verfassers, einen Ergänzungsband zu den Lehrbüchern der physiologischen Chemie und der rationellen Landwirthschaft zu liefern, in der Art, dass in demselben diejenigen chemischen Forschungen in einer übersichtlichen Anordnung mitgetheilt würden, welche, um die Grund- und Lebensfragen der Agricultur und Pflanzenphysiologie ihrer Lösung entgegenzuführen, unternommen und in verschiedenen Originalwerken, wie in den wissenschaftlich-chemischen Journalen veröffentlicht worden sind; die von praktischen Landwirthen dagegen, ohne gründliche Kenntniss der

Digitized by Google

Naturwissenschaften oder wenigstens ohne specielle Anwendung derselben unternommenen und in den, ausschliesslich der Praxis gewidmeten, landwirthschaftlichen Zeitschriften und Werken niedergelegten Versuche, Beobachtungen und Erfahrungen blieben, als nicht hieher gehörig, völlig ausgeschlossen. Bei der lebhaften Anregung, welche die Discussion der Fragen über Pflanzenernährung, Ertragsfähigkeit des Ackerbodens, Bereitung und Anwendung des Düngers, Wechselwirthschaft u. s. w., sowie im Allgemeinen über den Einfluss der Chemie auf und die Stellung derselben zu den Wissenschaften der Agricultur und Pflanzenphysiologie, in neuerer Zeit gefunden hat, schien ein solches Unternehmen um so mehr gerechtfertigt, als die Hand- und Lehrbücher der angedeuteten Zweige unseres Wissens nicht ausführlich auf die jene Fragen betreffenden interessanten Forschungen der Vergangenheit wie der Gegenwart eingehen, noch, der Natur der Sache nach, eingehen konnten, sondern sich meistens auf die kurze Mittheilung der Resultate derselben beschränken oder auf die Original-Abhandlungen selbst verweisen mussten. Die letzteren jedoch sind in der Regel nur Einzelnen und namentlich nur den Chemikern in ihrer ganzen Ausdehnung zugänglich, während die Pflanzen-Physiologen, wie auch die Landwirthe, welche gleichfalls der Bedeutung der chemischen Bestrebungen auf dem von ihnen praktisch durchwanderten

Digitized by Google

Gebiete ihre volle Anerkennung zu Theil werden zu lassen, und selbst einem gründlichen Studium derselben sich zuzuwenden anfangen, — hierzu nur selten die Gelegenheit finden, und ihnen also insbesondere möchte die von uns unternommene und hiermit der Veröffentlichung übergebene Ausarbeitung eine willkommene Erscheinung sein, abgesehen davon, dass es auch den Chemikern angenehm sein wird, hier mit Einem Blicke und im Zusammenhange die Versuche und Untersuchungen übersehen zu können, von welchen ausgehend und auf welche sich stützend die Forschungen zur völligen Aufklärung der ewigen Naturgesetze im Interesse der Wissenschaft wie in ihrer praktischen Bedeutung zum Nutzen und zur Wohlfahrt der Menschheit fortgesetzt werden müssen.

Möchten die vielfachen Mängel, welche diesem Werke noch anhaften, demselben nicht ganz den Beifall des wissenschaftlichen Publikums entziehen, und möchten die hier von Neuem mitgetheilten Versuche und Beobachtungen auch auf's Neue die Veranlassung werden, auf dem bereits mit Glück betretenen, aber noch keineswegs geebneten Pfade zur Auffindung und Feststellung sämmtlicher, zur Vegetation der Pflanzen wesentlicher Bedingungen und der dieselben befördernden oder hindernden Einflüsse fortzuschreiten, und wir dadurch dem Ziele dieser Bestrebungen, einer auf die wissenschaftlichen Grund-

Digitized by Google

sätze der Chemie und Pflanzenphysiologie gegründeten allgemeinen Theorie der Landwirthschaft, immer mehr uns zu nähern die Gelegenheit finden!

Halle am 1. Juni 1847.

Der Verfasser.

Digitized by Google

Inhalt.

Erster Abschnitt.

Zusammensetzung der atmosphärischen Luft.

I. Wesentliche Bestandtheile. Seite

A. Stickstoff und Sauerstoff 3

B. Kohlensäure 22

II. Bestandtheile, deren Gegenwart zufällig zu sein scheint und die nur in sehr geringer Menge auftreten.

A. Kohlenwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Pyrrhin u.s.w. 32

B. Miasmen oder organische fein zertheilte Körperchen in der atmosphärischen Luft 36

III. Atmosphärische Wasser.

A. Gewöhnliche Bestandtheile 41

B. Ungewöhnliche Beimengungen 47

IV. Zusammensetzung der Luft, die man in dem Wasser aufgelöst findet 51

Rückblick 61

Zweiter Abschnitt.

Bildung und Zusammensetzung der Ackerkrume.

I. Entstehung der Ackerkrume.

A. Unorganische Bestandtheile 67

B. Organische Bestandtheile 86

C. Quellen des Ammoniaks 103

D. Bildung von Salpetersäure und salpetersauren Salzen in der Ackererde 118

II. Zusammensetzung der Ackererde 123

III. Physikalische Eigenschaften der Ackererde 142

Dritter Abschnitt.

Keimen, Wachsthum und Ernährung der Pflanzen.

Erste Abtheilung.

Das Keimen der Samen 169

Zweite Abtheilung.

Wachsthum und Ernährung der Pflanzen.

A. Aufnahme und Assimilation von organischen Stoffen und deren Elementen.

I. Ernährungsvermögen des Humus und der Humussäure 184

Digitized by Google

Seite

II. Aufnahme und Assimilation des Kohlenstoffs, und Einfluss der lebenden Pflanze auf die Zusammensetzung der sie umgebenden Atmosphäre 269
III. Assimilation des Wasserstoffs 270
IV. Assimilation des Stickstoffs 276
B. Aufnahme und Assimilation von anorganischen Stoffen und deren Elementen 285

Vierter Abschnitt.

Der Dünger, dessen Zusammensetzung und Wirkung auf das Gedeihen der Pflanzen.

I. Dem organischen Reiche angehörende Düngmittel . . . 368
II. Dem Mineralreiche angehörende Düngmittel 396
III. Die Pflanzengifte oder Stoffe, welche auf das Wachsthum der Pflanzen schädlich einzuwirken scheinen 443

Fünfter Abschnitt.

Die Wechselwirthschaft und Erschöpfung des Bodens durch die Cultur 481
Vergleichende Tabellen der Maasse in verschiedenen Ländern . 528
Sach- und Namenregister 531

Digitized by Google

Erster Abschnitt.

Zusammensetzung

der

atmosphärischen Luft.

Digitized by Google

Digitized by Google

I. Wesentliche Bestandtheile.

A. Stickstoff und Sauerstoff.

Die atmosphärische Luft wurde in früherer Zeit als ein reines, einfaches und unzerlegbares Element betrachtet; erst gegen die Mitte des 17. Jahrhunderts drängte sich die Vermuthung auf, dass sie, wenn auch der Hauptsache nach ein Ganzes, doch gewisse Beimischungen enthalten müsse; man hatte nämlich bemerkt, dass die Luft in einem abgeschlossenen Raume nur eine Zeitlang fähig sei, den Verbrennungsprocess zu unterhalten, ungeachtet in dem Volumen des Gases keine Veränderung wahrgenommen werden konnte; es war jedoch Niemandem eingefallen, den luftförmigen Rückstand dieser Verbrennung hinsichtlich seiner Zusammensetzung einer chemischen Untersuchung zu unterwerfen. Schon bevor Priestley[1]) und gleichzeitig und unabhängig von ihm Scheele im Jahre 1774 das reine Sauerstoffgas darstellten und dessen Eigenschaften untersuchten, hatte der Erstere gefunden, dass durch das Athmen in einem abgesperrten Raume die atmosphärische Luft verdorben wird und dass dieselbe durch grüne Pflanzen unter dem Einflusse des Sonnenlichtes wiederum ihre gewöhnlichen Eigenschaften erhält; er fand ferner, dass das Volumen der atmosphärischen Luft, wenn dieselbe mit Stickstoffoxyd vermischt wird, bedeutend sich vermindert, und endlich, dass von der Luft, in welcher man Kohlen verbrannt hat, nach Absorption der durch

---

[1]) Dr. Jos. Priestley's *Nachricht von einigen weiteren Entdeckungen über die Luft* (Phil. Transact. Vol. 65. P. 2. p. 348), Crell Journ. I. 199—202. 1778. — „Aber die merkwürdigste von allen Gasarten ist eine Luft, die 5 bis 6 Mal besser ist als die gemeine, sowohl für's Athemholen und Entzündung, als auch wahrscheinlich für alle andern Endzwecke der gewöhnlichen Luft: ich heisse sie dephlogistisirte. Man erhält sie vom für sich niedergeschlagenen Quecksilber, und vom rothen Niederschlage desselben rein, bei der Mennige ist sie mit fixer Luft verbunden. Eine Masse von dieser Luft erfordert 5 Mal mehr salpetrichte Luft zu ihrer Sättigung, als die gemeine Luft. Ein Theil von jener wurde durch 2 Mal so viel Salpeterluft nur um ½ vermindert u. s. w."

Digitized by Google

diese Verbrennung entstandenen fixen Luft mittelst Kalkwasser, fast genau ein Fünftel der angewendeten Menge verschwindet. So hatte Priestley, ohne über den Process selbst und über die Gasarten, mit denen er operirte, im Klaren zu sein, die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft schon ziemlich genau bestimmt, während er die näheren Bestandtheile derselben erst nach der Entdeckung des von ihm durch Erhitzung des rothen Quecksilberoxydes dargestellten Sauerstoffgases zu erkennen im Stande war. Scheele, der seine Arbeiten über die Constitution der Atmosphäre [2]) erst 1777 und zwei Jahre später, als er das Sauerstoffgas entdeckt und dessen Dasein in der Atmosphäre gefunden hatte, veröffentlichte, glaubte aus seinen zahlreichen Versuchen über die absorbirende Einwirkung einer Menge von Substanzen auf die atmosphärische Luft schliessen zu können, dass in der letztern durchschnittlich $\frac{9}{33}$ oder 27,58 p. C. Sauerstoff enthalten seien [3]). Hiermit nahe übereinstimmend fand Lavoisier [4]) 27,0 p. C.

Diesen ersten Untersuchungen über die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft schloss sich bald eine grosse Anzahl von Versuchen an, durch welche jedoch lange Zeit hindurch die Unsicherheit in den Ansichten über diesen Gegenstand keineswegs gehoben wurde. So bestimmten Fontana (1774) und Landriani [5]) (1775) den Gehalt der Luft an Sauerstoffgas zu 25 bis 18 Volumprocenten. Magelhaens (1777), Ingenhouss, Sigaud de la Fond, Davidson u. A. [6]) waren nicht glücklicher in

---

[2]) *Abhandlung von Feuer und Luft*, von Scheele, mit einer Vorrede von Bergmann. Leipzig 1777.

[3]) Quantum aëris puri in atmosphaera quotidie insit? Opusc. chem. et phys. I. Lips. 1788. 8. p. 193.

[4]) *System der antiphlogistischen Chemie*, übers. von Hermbstädt. I. Berlin 1792. 8. S. 65.

[5]) Kopp: *Geschichte der Chemie*. 3. Theil, S. 209. Die zur Untersuchung der Luft bestimmten Instrumente erhielten von Landriani den Namen *Eudiometer;* das mit Salpetergas nannte man das Fontana'sche. Volta bediente sich schon 1778 des Wasserstoffgases als eudiometrischen Mittels.

[6]) Kopp *a. a. O. S.* 209 u. 210. „Magelhaens äusserte 1777, es sei jetzt ein wesentliches Bedürfniss, die Luft an einem Orte auf ihren Sauerstoffgehalt zu prüfen, ehe man eine Niederlassung oder auch nur die Erbauung eines Landhauses ausführe. — Die gesundere Lage der Seestädte erklärte man sich nach Versuchen von Ingenhouss, welche für die Seeluft einen beträchtlich höhern Gehalt an Sauerstoff ergaben, als für die des Binnenlandes, und das Ungesunde der Krankenzimmer nach Versuchen von Sigaud de la Fond, welcher stets in dieser weniger Sauerstoff, als in der gemeinen Luft fand (also ebenso wie Lavoisier, der das normale Verhältniss zu 27 bis 28 Volumen Sauerstoff auf 73 bis 72 Volume Stickgas angiebt, aber in der obern Luft aus einem Krankenzimmer in einem grossen Hospital 18¼, und in der aus einem Theater bei gefülltem Hause 21 Volumprocente Sauerstoffgas fand); so wunderte man sich sehr, dass das gelbe Fieber auf Martinique zu einer Zeit herrschen konnte, wo nach eines Engländers Davidson Versuchen die Luft dort 67 Volumprocente Lebensluft enthielt."

Digitized by Google

ihren Untersuchungen; man erhielt, in Folge der Ungenauigkeit der angewandten Methoden, die abweichendsten und sich widersprechendsten Resultate, und so kam es, dass man aus falschen Beobachtungen Schlüsse zog, die oftmals zu Ansichten führten, welche denen, die wir jetzt als richtig erkannt haben, grade entgegengesetzt waren. So glaubte Achard noch 1786 — nachdem Cavendish bereits 1783 nachgewiessen hatte, dass die bisher gefundenen Differenzen in der Zusammensetzung der Luft wahrscheinlich nur in Versuchsfehlern ihren Grund hätten, dass das Verhältniss der Bestandtheile der Atmosphäre constant sei und die letztere 20,84 Volumprocente Sauerstoffgas enthalte [7]), — aus einer grossen Anzahl (912) von Versuchen schliessen zu können, dass die Güte der Luft (der Gehalt an Sauerstoffgas) an demselben Orte zu verschiedenen Zeiten merklich verschieden sei; dass die Tageszeit keinen besondern und beständigen Einfluss habe, ebenso wenig die Witterung und die Wärme und der Druck der Atmosphäre; er fand die mittlere Güte der Luft (d. h. die Verminderung des Luftvolumens im Eudiometer, welche man erhält, wenn man aus allen an demselben Orte angestellten Versuchen das mittlere Resultat zieht) sehr verschieden (Rückstand $82\frac{14}{24}$ bis $60\frac{6}{24}$), und zwar, merkwürdig genug, dass die Luft im Sommer an Orten, die am meisten bewohnt sind, am besten und in einer bestimmten Höhe weniger gut als dicht auf der Oberfläche der Erde sei; dass dagegen im Winter die Verschiedenheit der Luft an verschiedenen Orten, im Vergleich mit dem Verhalten im Sommer, nur gering, und dass, ebenfalls im Gegensatz zu den im Sommer gefundenen Resultaten, die Luft an Orten, die wenig bewohnt sind, am besten sei [8]). Auch die von Humboldt im Jahre 1800 [9]) angestellten

---

[7]) S. a. a. O. S. 210—211.

[8]) *Bestimmung der Güte der atmosphärischen Luft an verschiedenen, in dem Bezirk von* 26 *Meilen von Berlin gelegenen Ortschaften*, von Achard; Crell Ann. 1786. II. 99—111. — „Da alle meine zahlreichen Versuche," sagt Achard am Schluss seiner Abhandlung, „das Gegentheil von dem sind, was man hätte vermuthen sollen, so glaube ich, dass die Natur ein uns noch ganz unbekanntes Mittel hat, die atmosphärische Luft zu dephlogistisiren; ja es scheint sogar, dass eben diese unbekannte Verrichtung jederzeit die entgegengesetzte begleitet, wodurch sie nämlich mit Phlogiston angefüllt wird. Könnte nicht vielleicht diese Wirkung durch ein Verschlucken des Phlogistons mittelst der einsaugenden Hautgefässe der Thiere hervorgebracht werden? u. s. w." — Zu bemerken ist, dass Achard mit dem Volta'schen Eudiometer (Verbrennung mit Wasserstoffgas) den im Text angeführten gerade entgegengesetzte Resultate erhielt, dass er aber dem Eudiometer mit Salpeterluft (Stickstoffoxyd) den Vorzug gab, weil er auf diese Art die Menge des mit Luft verbundenen Phlogistons für sich allein zu erfahren glaubte, ohne dass auf diese andere fremdartige Bestandtheile, namentlich die wässerigen Theile influirten.

[9]) *Versuche über die chemische Zerlegung des Luftkreises*, von Alex. v. Humboldt; Gilbert Ann. III. 73—83. 1800 Humboldt schloss zu dieser Zeit aus einer grossen Menge von Beobachtungen mit dem Eudiometer, Barometer, Thermometer, Elektrometer, Anthra-

Digitized by Google

Luftanalysen gaben die Schwankungen des Sauerstoffgehalts zwischen 0,236 und 0,290 an und in der Seeluft unter 10° 30′ Breite fand er in schönen mondhellen Nächten sogar 0,30 [10]), während Gilbert bei Turin bei Anwendung von Phosphor eine Verminderung des Luftquantums von nicht weniger als 0,33 beobachtet haben will [11]).

Berthollet [12]) suchte die Ungenauigkeit der von Humboldt angestellten Versuche und die Unrichtigkeit der bisher erhaltenen Resultate bei den Forschungen über die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft aus Beobachtungsfehlern herzuleiten, zu welchen das Salpetergas, dessen man sich gewöhnlich zu Prüfungen der Luft bediente, Veranlassung gegeben hatte. Nach seinen Untersuchungen, bei denen der Phosphor als eudiometrisches Mittel angewendet wurde, waren in der Luft zu Paris und zu Kairo, zu sehr verschiedenen Zeiten und unter einem sehr verschiedenen Klima, constant 0,22 Theile Sauerstoffgas enthalten und die Ab-

---

kometer (Kohlensäuremesser) und Hygrometer: dass, wenn bei trübem Wetter die Dünste sich auflösen, die Wolken verschwinden und sich des Himmels Gewölbe blau färbt, meist die Sauerstoffmenge des Luftkreises zunehme; — dass sie dagegen meist abnehme, wenn am blauen heitern Himmel das Cyanometer vom 20° bis 7° übergeht und wenn Regen- oder Schneewolken sich bilden. Schlackiges Wetter, besonders Hagel mit Schnee gemischt, kündigt die geringste Sauerstoffmenge an. Beim Nebel mit starker negativer Elektricität, indem die Wasserdünste sich auflösen, ist die Luft sehr reich an Oxygen. Das Schmelzen des Schnees, bisweilen selbst das Fallen eines grossflockigen, leicht zergehenden Schnees, verbessert den Luftkreis. Eine ähnliche Verbesserung wird häufig bei den im Frühjahre gewöhnlichen Strichregen bemerkt, bei welchen die Elektricität häufig aus der positiven in die negative übergeht. Die Verminderung bei der Bildung des Regens leitet der Verfasser aus einem Verschlucken desselben durch das gebildete Wasser her, oder durch die Umhüllung der Dunstbläschen durch oxygenreichere Atmosphären. Das Maximum des Sauerstoffgehalts fand der Verfasser 0,290 und das Minimum 0,236; der mittlere Sauerstoffgehalt war im November 0,255, im December 0,268, Januar 0,275, Februar 0,272, März 0,269, April 0,272, und in allen 6 übrigen Monaten 0,268.

[10]) *Physikalische Beobachtungen auf einer Reise nach dem spanischen Amerika*, von Alex. v. Humboldt (Journ. de Phys. t. VI. p. 433), Gilb. Ann. IV. S. 454.

[11]) Giobert des eaux sulfureuses et thermales de Vaudier, im Journ. de Phys. 1798. p. 297. — Schweigg. XIV. S. 275.

[12]) *Bemerkungen über die Eudiometrie*, von Berthollet (A. d. Mém. sur l'Égypte, p. 284—294), Gilb. Ann. V. 341—351. — Berthollet sucht seine Ansicht über die constante Zusammensetzung der atmosphärischen Luft durch die folgende Betrachtung zu unterstützen: „Wie lässt sich überdies wohl denken, dass die Luft, die in unaufhörlicher Bewegung ist und von einem Orte der Erde schnell zum andern fortströmt, in zwei benachbarten Dörfern so gar verschieden sein könnte? es sei denn, dass sie in sehr verschiedener Höhe über dem Meere lägen, da der Sauerstoff und Stickstoff im Gas-Zustande eine so geringe Einwirkung auf einander äussern, dass durch ihr verschiedenes specifisches Gewicht alsdann einiger Unterschied allerdings bewirkt wird."

Digitized by Google

weichungen von dieser Zahl betrugen nie mehr als 0,005. Parrot [13]) bestätigte zwar im Ganzen die von Berthollet gefundene Zahl, fand jedoch wiederum Schwankungen zwischen 0,2225 und 0,2472. Erst nachdem de Marti [14]) in Katalonien mit Hülfe des Schwefelcalciums den Gehalt der Luft an Sauerstoffgas zu jeder Jahreszeit und bei jedem Zustande der Witterung gleich 0,21 gefunden hatte, ohne jemals 0,22 zu erreichen; nachdem Theodor de Saussure [15]) beständig in seinen Versuchen 0,22 erhalten; nachdem Davy [16]) diese Zahl bei Untersuchung der Luft in der Nähe der warmen Bäder von Bristol, der Seeluft an der Mündung der Severn, bei starkem Westwinde (der folglich über das atlantische Meer weit her kam), und ebenfalls bei einer von der Küste von

---

[13]) Parrot: Gilb. Ann. X. S. 194—213. A. a. O. heisst es in Betreff der von Parrot beobachteten Schwankungen in der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft: „Der Grund, den Berthollet für die Beständigkeit des Sauerstoffgehalts angiebt, nämlich die Bewegung der Luft, beweist allerdings, dass dieser Gehalt nicht sehr stark variiren kann, schliesst aber Variationen von 2 bis 2½ p. C. nicht aus, es versteht sich, für sehr entfernte Orte und verschiedene Zeiten. Ein Wind, der 15 Fuss in einer Secunde durchläuft, braucht etwa 5 Tage, um eine Strecke von 18° zu durchstreichen. Warum sollte z. B. vor einem Südwinde die Luft in Schottland, Schweden, Norwegen, Russland nicht an Sauerstoff ärmer sein, als 5 Tage nach dessen Entstehung, wenn z. B. eine üppige Vegetation, von vielem Sonnenschein begünstigt, viel Sauerstoffgas in Italien, im nördlichen Afrika, in Griechenland entwickelt hat? Warum sollte ein Ostwind, der über Asiens Vegetation herkommt, nicht Europa mit mehr Sauerstoff versehen, als der Westwind, der über das atlantische Meer herweht, wo er keine Sauerstoff-Entwicklung antrifft? Und ist dieser Unterschied an Sauerstoffgehalt jener Winde nicht die Hauptursache ihrer hygrometrischen Phänomene?“ —

[14]) *Abhandlung über den Gehalt der Atmosphäre an Lebensluft und die Mittel, ihn zu messen*, gelesen in der Acad. zu Barcelona im J. 1790, von Antonio de Marti (Journ. de Phys. t. 52. p. 176. 1801), Scherer's Journ. VIII. 57—75. Auszug: Gilb. Ann. XIX. 389—393. De Marti bemerkt noch, dass nicht zu hoffen sei, dass sich mit dem von ihm angewandten Eudiometer der Gehalt der Luft an Sauerstoffgas bis auf ein oder mehrere Tausendtheile (wohl aber bis auf ein Hunderttheil) genau bestimmen lasse. Es bleibe daher allerdings die Frage: ob sich doch nicht vielleicht der Sauerstoffgehalt der Luft um einige Tausendtheile vielleicht periodisch ändere; eine Frage, auf die sich, wie er meint, nur dann erst wird antworten lassen, wenn man das Mittel kennen gelernt hätte, dessen die Natur sich bedient, der Atmosphäre das Sauerstoffgas, welches ihr durch Respiration und Verbrennungsprocesse unaufhörlich entzogen wird, wieder zu ersetzen.

[15]) Brief Saussure des Sohns an J. C. Delamétherie, *in welchem bewiesen wird, dass die reinen Erden den Sauerstoff nicht absorbiren* (Journ. de Phys. t. IV. p. 470), Gilb. Ann. I. 505—509. 1799.

[16]) *Beschreibung eines neuen Eudiometers und Versuche damit*, von Davy (Journ. of the Roy. Insit. 1801. p. 45), Gilb. Ann. XIX. 394—399. „Verg'eichen wir,“ sagt Davy, „die von mir gefundenen Resultate mit denen, welche vor mehr als 20 Jahren Cavendish aus seinen Analysen der Luft in London und in Kensington gezogen hat, mit den Berthollet'schen Analysen der Luft zu Kairo und in Paris,

Digitized by Google

Guinea herstammenden Luft bestätigt gefunden; nachdem Berger[17]) zu Genf und auf den französischen und schweizerischen Gebirgen mit Phosphor und Schwefelalkalien gleichfalls immer fast genau 0,21 Sauerstoff in der Luft nachgewiesen; nachdem Gay-Lussac[18]) den Sauerstoffgehalt der, auf seiner berühmten Luftfahrt am 16. September 1804 in einer Höhe von 3383 und 3405 Toisen über dem Meere gesammelten Luft untersucht (21,49 Theile Sauerstoff), und nachdem endlich die genauen Versuche von Humboldt und Gay-Lussac[19]) die Unrichtigkeit der von dem Erstern früher angestellten Analysen nachgewiesen, die Zahl 21,0 für den constanten Gehalt der atmosphärischen Luft an Sauerstoffgas unter den verschiedensten Umständen festgestellt und in überzeugender Weise die von einigen Naturforschern bereits früher vertheidigte Ansicht, dass die von dieser Zahl abweichenden Differenzen Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden müssten, bestätigt hatten, — erst seit dieser Zeit hat man eine bestimmte und klare Idee von der Zusammensetzung der uns umgebenden Atmosphäre fassen können.

Spätere Beobachter fanden alle das Verhältniss der beiden vorherrschenden Gasarten der atmosphärischen Luft dem so eben angeführten nahe kommend, wenn auch im Einzelnen immer Differenzen sich zeigten, die jedoch zum Theil auf die Rechnung der

---

und mit denen de Marti's in Spanien; so haben wir alle Ursache, zu schliessen, dass die Atmosphäre an allen Orten, welche den Winden ausgesetzt sind, Sauerstoffgas und Stickgas sehr nahe in denselben Verhältnissen enthält. Und das ist ein Umstand von grosser Wichtigkeit, indem wir hieraus sehen, dass es nicht von den Verhältnissen, worin die Luft diese beiden Bestandtheile enthält, sondern von fremdartigen schädlichen Stoffen, die in ihr aufgelöst oder schwebend sind, herrührt, wenn sie der Gesundheit nachtheilig ist; und wahrscheinlich dürfte eine genauere Kenntniss dieser Stoffe und ihrer Eigenschaften uns Mittel an die Hand geben, ihre schädlichen Wirkungen zu zerstören, oder uns gegen sie zu schützen."

[17]) *Resultate von eudiometrischen Versuchen, angestellt an verschiedenen Orten*, von F. Berger in Genf (Journ. de Phys. t. 56. p. 366. Mai 1802), Auszug in Gilb. Ann. XIX. 412 – 416.

[18]) *Bericht* Gay-Lussac's *von seiner aërostatischen Reise*, am 16. Sept. 1804 (Ann. de Chim. t. 52. p. 75), Gilb. Ann. XX. 35.

[19]) *Versuche über die eudiometrischen Mittel und über das Verhältniss der Bestandtheile der Atmosphäre*, von Alex. v. Humboldt und J. F. Gay-Lussac (Journ. de Phys. t. 60. p. 129—158), Gilb. Ann. XX. 38—92. — Die Versuche wurden mit dem Volta'schen Eudiometer (Verpuffung mit Wasserstoffgas) ausgeführt, nachdem dessen Genauigkeit bei Anwendung der gehörigen Vorsichtsmaassregeln vollkommen festgestellt worden war.

Digitized by Google

angewendeten eudiometrischen Mittel zu stehen kommen. So fand

Die atmosphärische Luft

1804	wurde eingefangen bei einer Temperatur nach der 100theiligen Scala von	und bei folgendem Zustande der Atmosphäre.	Es betrugen: die Absorption bei einer Mischung von 200 Th. mit 200 Th. Wasserstoffgas.	also der Gehalt der Luft an Sauerstoffgas in 100 Theilen.
Nov.				
17	7°,5	Bedeckter Himmel; O-Wind	126,0 Th.	21,0 Th.
			126,0 „	21,0 „
18	4,5	Bedeckter Himmel; OSO-Wind	126,0 „	21,0 „
			126,0 „	21,0 „
19	4,7	Feiner Regen; sehr stark SW-Wind	126,0 „	21,0 „
			126,0 „	21,0 „
20	10,0	Feiner Regen; S-Wind	126,0 „	21,0 „
			126,5 „	21,1 „
21	12,5	Bedeckter Himmel; SW-Wind	126,8 „	21,2 „
			126,0 „	21,0 „
22	6,7	Wolkig; kl. Regen; SW-Wind	126,0 „	21,0 „
			126,0 „	21,0 „
23	1,5	Wolkig; W-Wind	126,0 „	21,0 „
			126,0 „	21,0 „
24	8,5	Regen; S-Wind	126,3 „	21,0 „
			126,5 „	21,1 „
25	10,6	Bedeckter Himmel; SW-Wind.	126,2 „	21,0 „
			126,5 „	21,1 „
26	3,3	Wolkig; O-Wind	126,5 „	21,1 „
			126,0 „	21,0 „
27	— 1,6	Reif; N-Wind	126,5 „	21,1 „
28	— 1,3	Schnee; N-Wind	126,0 „	21,0 „
Dec.				
1	— 4,1	Nebel; NNO-Wind	126,0 „	21,0 „
3	— 2,3	Wolkig; dunstig; O-Wind	125,5 „	20,9 „
5	4,2	Regen; S-Wind	126,0 „	21,0 „
7	3,1	Dicker Nebel	126,0 „	21,0 „
13	9,6	Regen; SSW-Wind	126,0 „	21,0 „
19	— 2,2	Bedeckter Himmel; NO-Wind	126,0 „	21,0 „
23	1,0	Glatteis; dick. Nebel; SO-Wind	126,0 „	21,0 „

„Dass die Atmosphäre innerhalb des Zeitraums von einigen Jahren, geschweige denn von einigen Tagen, sich in der That unmöglich auf eine merkliche Art in ihrer Zusammensetzung ändern könne (höchstens einige locale Variationen ausgenommen), davon uns zu überzeugen, reicht ein wenig Nachdenken hin. Denn vermöchte sie sich in so kurzer Zeit in ihrer Zusammensetzung zu ändern, durch welch ein Wunder sollte sie plötzlich zu ihrem anfänglichen Zustande zurück gebracht werden? Woher eine Ursache nehmen, welche mächtig genug wäre, binnen einem Tage ihren Sauerstoffgehalt auch nur um ein Tausendtheilchen zu ändern, man wolle denn eine elektrische, eine magnetische, oder irgend eine andere ebenso chimärische Kraft erträumen, welche durch unbekannte Einflüsse den Sauerstoff in Stickstoff, und umgekehrt ver-

Digitized by Google

unter Andern Saussure[20]) mit verschiedenen Eudiometern zwischen

wandeln könne! — Möglich ist es dagegen, dass die Atmosphäre sich sehr langsam verändert, es sei im Verhältnisse ihrer Bestandtheile, oder in ihrem Gewichte; und diese Variationen, so unmerklich sie auch sein mögen, wären nicht minder werth, die Aufmerksamkeit der Physiker zu fesseln."

Die Verfasser haben endlich untersucht, ob nicht die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft, ungeachtet sie im Ganzen unveränderlich ist, doch wenigstens an einzelnen Stellen durch locale Ursachen abgeändert werden könne, wie das Einige bei ihren Analysen gefunden zu haben glauben. Vielleicht, dass Vulkane auf hohen Bergen, besondere Gährungen, oder die faulenden Gewässer der Moräste und Teiche, die Luft, mit der sie in Berührung sind, minder rein machten, indem sie ihr entweder Sauerstoff entzogen, oder ihr nicht athembare Gasarten zuführten. Die Verminderung des Sauerstoffgehalts durch solche locale Ursachen kann in einer grossen Masse freier Luft, die beständig in Bewegung ist, auf keinen Fall so bedeutend sein, als in Zimmern, in denen sich eine Menge von Menschen, oder irgend eine Quelle von Luftverderbung und Ansteckung befindet; und doch zeigt hier die Luft nur sehr geringe Verschiedenheiten in ihrer Mischung. Es wurden zwei Luftportionen im Théatre français bei sehr vollem Hause aufgefangen und zerlegt. Beide trübten kaum das Kalkwasser; als sie mit Wasserstoffgas detonirt wurden,

gab	eine Absorption von	enthielt also in 100 Th. an Sauerstoffgas
die erste	121, 5	20,2 Theile.
die zweite	122, 5	20,4 „

Herr Séguin (und auch de Marti: Gilb. Ann. XIX. 392) hatte schon vor geraumer Zeit Luft aus den Sälen eines Hospitals, die 12 Stunden lang genau verschlossen gewesen waren, zerlegt, und sie ungefähr ebenso rein als die atmosphärische Luft im Freien gefunden, obgleich ihr Geruch noch immer unerträglich war. — „Wenn nun," fahren die Verfasser fort, „selbst unter den günstigsten Umständen für die Absorption des Sauerstoffs, die Luft nicht ein Hundertel desselben verliert, so kann dies nicht der Grund der Beängstigung sein, die man in eingeschlossenen Räumen voll Menschen empfindet, oder der Krankheiten, die den Teich- und Morastgegenden, oder gewissen Ländern eigenthümlich sind. Beide müssen vielmehr auf Ausflüssen beruhen, welche durch keines unserer eudiometrischen Mittel darzustellen sind und die doch auf unsern Körper auf eine eigenthümliche Art wirken. Ein Bläschen von Schwefelwasserstoffgas, eine faulige Emanation und selbst eine Blume erfüllt einen ungeheuren Raum mit ihrem Geruche, wobei diese Ausflüsse eine in Erstaunen versetzende Theilung leiden müssen; ebenso fein und ebenso wenig darzustellen mögen auch die pestilentialischen Miasmen sein, welche uns Guyton's für die Menschheit so wohlthätige Nachforschungen wenigstens zu zerstören und unschädlich zu machen gelehrt haben. In andern Fällen mögen solche sporadische Krankheiten von der Feuchtigkeit der Luft abhängen, von ihrer Temperatur, von ihrer Elektricität, oder überhaupt vom Zustande der Atmosphäre in Beziehung auf die Disposition, in der man sich gerade befindet; und in diesen vielleicht sehr häufigen Fällen kann die Krankheit grosse Verwüstungen anrichten, ohne dass wir ihren Fortgang zu hemmen vermögen. Es würde täuschend sein, hier Alles Einer Ursache zuschreiben zu wollen, da der Gesundheitszustand des Menschen von der Zusammenwirkung aller Umstände abhängt, unter denen er sich befindet."

[20]) *Ueber den verschiedenen Gehalt der atmosphärischen Luft an Kohlensäure, im Winter und im Sommer*, von Th. de Saussure; Gilb. LIV. 224. 1816.

Digitized by Google

20,6 und 21 Sauerstoff, Vogel[21]) bei Anwendung des Volta'schen Eudiometers den Gehalt = 22,0 Volumprocenten, Hildebrandt[22]), der sich wieder des Salpetergas-Eudiometers bediente, ebenfalls im Mittel 21,0, obgleich die einzelnen Versuche ziemlich bedeutende Schwankungen um diese Mittelzahl herum zeigten, und Turner[23]) bestätigte die Genauigkeit des Döbereiner'schen eudiometrischen Verfahrens mit Kugeln von Platinastaub und Pfeifenthon, indem er aus einer Reihe von Versuchen die Mittelzahl 20,88 für den Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft feststellte; ein gleiches Resultat fand auch Degen[24]) bei seinen Versuchen mit Platinschwamm.

Bekanntlich hatte Dalton im Jahre 1802[25]) eine Theorie aufgestellt, nach welcher in einem Gemenge von Gasarten und also auch in der atmosphärischen Luft jede Gasart gleichsam eine eigne Atmosphäre bilde; so dass die elastische und repulsive Kraft jedes Theilchens auf die Theilchen gleicher Art eingeschränkt und daher die Kraft elastischer Flüssigkeiten, welche in einem gegebenen Gefässe zurückgehalten werden oder frei gravitiren, in getrenntem und gemischtem Zustande ganz dieselbe sei und blos von ihrer eignen Dichtigkeit und Temperatur abhänge. Nach dieser Theorie müssten also in einem Gemenge die specifisch leichteren Gase nach oben zu verhältnissmässig in grösserer Menge vorhanden, dagegen die Menge der specifisch schwereren kleiner sein. In der Atmosphäre würde also das Verhältniss des Sauer-

---

[21]) *Vereinfachung des* Volta'schen *Eudiometers und über das wahre Verhältniss der Bestandtheile des Luftkreises*, von F. C. Vogel; Schweigg. V. 266—280.

[22]) *Ueber den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre und die Anwendung des Salpetergases, denselben zu finden*, von Hildebrandt; Schweigg. XIV. 264—293. — „Die Zahl 21,16 für den Sauerstoffgehalt kommt in allen meinen Versuchen am öftersten vor. Da so viele Beobachter bei dem Gebrauche anderer eudiometrischer Mittel fast beständig nur 21 gefunden haben, so bin ich um so mehr weit entfernt, die in meinen Versuchen vorkommenden Abweichungen, welche bis zum Minimum von 20,30 und zum Maximum von 22,83 gehen, gegen sie geradezu geltend zu machen, als es der Bestimmung des von mir angenommenen Verhältnisses (Salpetergas : Sauerstoffgas = 2 : 1) noch an hinlänglich fester Basis fehlt."

[23]) Turner (Edinb. phil. Journ. XXI. p. 99—113. 1824), Schweigg. XLIII. 380—381. Er fand den Sauerstoffgehalt = 20,3; 20,3; 20,7; 21,0; 21,3; 21,7, also im Mittel 20,88 oder 21.

[24]) *Ueber ein Eudiometer, bei dem die Wasserbildung durch unvermischten Platinschwamm bewirkt wird*, von Degen; Pogg. XXVII. 557—560.

[25]) *Eine neue Theorie über die Beschaffenheit gemischter luftförmiger Flüssigkeiten, besonders der atmosphärischen Luft*, von John Dalton (Nicholson's Journ. t. V. p. 241), Gilb. Ann. XII. 385—395; XIII. 438; XXI. 382, und: *Untersuchungen, wonach die elastischen Flüssigkeiten, welche die Atmosphäre bilden, in ihr vorhanden sind* (Mem. of the litter. and philos. Soc. of Manchester. New Ser. Vol. I. 1806), Gilb. Ann. XXVII. 369—387.

Digitized by Google

stoffs immer mehr abnehmen, je mehr man sich von der Oberfläche der Erde entfernt. Dalton selbst berechnet, dass der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre auf dem Montblanc = 20 p. C. sein müsste, und Benzenberg [26]) giebt für die Höhe von 8000 Fuss den Gehalt zu 20,22 an, wenn derselbe am Ufer des Meeres 21,00 beträgt. Aus den bisher mitgetheilten Beobachtungen lässt sich nicht mit Bestimmtheit die Richtigkeit oder Unrichtigkeit dieser Dalton'schen Theorie nachweisen, die analytischen Resultate sind meist unter sich zu abweichend oder gradezu sich widersprechend, als dass man nach denselben über eine Frage entscheiden könnte, deren Lösung auf einer ausnehmenden Feinheit der angewendeten eudiometrischen Instrumente sowohl als einer grossen Gewandtheit und Uebung der Beobachter selbst beruht. So fand Saussure [27]) mit dem Priestley'schen Eudiometer die Luft auf hohen Bergen ärmer an Sauerstoff als im Thale von Chamouni, auf den Gletschern dagegen sauerstoffreicher, während Berger in denselben Gegenden bei Anwendung des Schwefelkalium-, Phosphor- und Salpetergas-Eudiometers keine Unterschiede bemerken konnte; ebenso wenig Configliachi [28]), der sich des Volta'schen Wasserstoffgas-Eudiometers bediente. Dalton sogar selbst bemerkt, dass er in der Luft aus einer Höhe von 1100 Yards über der Meeresfläche keine Abweichung von dem gewöhnlichen Verhältniss beobachtet habe [29]), ebenso wenig wie

---

[26]) Benzenberg: Gilb. Ann. XLII. 182. Er giebt folgende Zahlen: am Ufer des Meeres 21,00; 1000 F. über dem Meere 20,90; 2000 F. 20,80; 3000 F. 20,70; 4000 F. 20,60; 5000 F. 20,51; 6000 F. 20,42; 7000 F. 20,32; 8000 F. 20,22 u. s. w.

[27]) Saussure Voyages I. 512. II. 593. IV. 285. 286.

[28]) S. die Abhandlung: *Ueber die Analyse der Luft aus der Schwimmblase der Fische*, von Configliachi (Brugnatelli's Giornale etc. t. II. p. 347—376, 381—409 und 477—497), Schweigg. Journ. I. 137—163. S. 144 a. a. O. wird die gefundene Sauerstoffmenge der Luft auf dem Pizzo Legnone (8130 F. hoch) zu 0,21, auf einem Punkt des St. Bernhards (1453 F. hoch) zu 0,211, auf dem Mont Cenis (6300 F. hoch) zu 0,21 und auf dem Simplon (6174 F. hoch) zu 0,209 angegeben.

[29]) *Untersuchungen über die wahre Zusammensetzung der atmosphärischen Luft*, von Dumas und Boussingault (Compt. rend. Juin 1841), J. f. pr. Ch. XXIV. 65—89. S. 79 a. a. O. heisst es: „Dr. Dalton hat eine Reihe von Versuchen veröffentlicht, die verschieden und zahlreich sind und aus denen hervorgehen sollte, dass das Verhältniss von Sauerstoff und Stickstoff nicht aller Orten dasselbe sei. Seine Analysen würden zeigen, dass nach Maassgabe, wie man sich in der Atmosphäre erhebt, der Sauerstoff in erheblicher Weise abnimmt, obgleich auch diese geringer ist, als sie durch seine Theorie gefunden wird, was er den unvermeidlichen Wirkungen der Bewegung in der Atmosphäre zuschreibt. Hier folgen die Hauptresultate, zu denen er gelangt ist:

	Sauerstoffprocente. Vol.
Helvellynberg, 900 Meter	20,70
Ebendas.	20,58
Auf dem Schowdon, 1050 Meter	20,65

Digitized by Google

Gay-Lussac, welcher in einer Luft, die er in einer Höhe von 6636 Metern aufgefangen hatte, mittelst des Schwefelkalium-Eudiometers dieselbe Sauerstoffmenge, nämlich 21,66 und 21,78 fand, wie in der gleichzeitig an der Oberfläche der Erde gesammelten Luft.

In allen bisherigen Analysen, die für die Lösung der hier aufgeworfenen Frage in Betracht kommen können, finden sich, vielleicht mit Ausnahme der von Gay-Lussac und Configliachi angestellten, Schwankungen, die das von Saussure[30]) ausgesprochene Urtheil zu bestätigen scheinen, dass die bisher angewandten Methoden nicht scharf genug wären, um dadurch die möglichen kleinen Variationen in der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft zu entdecken. Brunner hat nun in neuerer Zeit die eudiometrischen Instrumente einer genauen Prüfung unterworfen und mit Hülfe des von ihm zweckmässig verbesserten Phosphor-Eudiometers im Monat Juli 1833 auf dem Faulhorn in einer Höhe von ungefähr 8000 Fuss eine Reihe von Versuchen angestellt, aus denen hervorgeht, dass der Sauerstoffgehalt der Luft in dieser Höhe in der That nicht abweicht von dem der in niederen Gegenden befindlichen Luft; er fand nämlich aus 14 ziemlich nahe übereinstimmenden Versuchen im Mittel 20,915 Volumtheile Sauerstoff[31]).

	Sauerstoffprocente. Vol.
Luft, im Ballon genommen, 2880 Meter . .	20,52
Ebendas., 4500 Meter	20,59
Luft beim Eismeere in Chamouni	20,20
Luft vom Simplon	19,98
Wengern Alp	20,45
Ebendas.	20,11
Manchester	20,88
Ebendas. (4 Versuche) 21,10; 20,80; 20,92 u.	20,95.

Prüft man diese Zahlen, so sieht man, dass unter den Analysen von Dalton diejenigen, die er mit frisch genommener Luft anstellte, sich innerhalb der Grenzen der für Eudiometrie mit Wasserstoff möglichen Fehler befinden; diejenigen aber, die mit einer von den Alpen gebrachten Luft angestellt wurden, weichen davon bedeutend ab. Muss man diese Unterschiede einer zufälligen Aenderung der Luft oder einer wirklichen Modification in der Zusammensetzung der Atmosphäre an sehr hohen Orten zuschreiben? Das möchten wir nur zu gern klar machen."

[30]) *Ueber die Schwankungen des Kohlensäure-Gehalts der Atmosphäre*, von Th. de Saussure; Schweigg. LXI. 17—43 und 129—154; Pogg. Ann. XIX. S. 391 ff.

[31]) *Beitrag zur Eudiometrie*, von Brunner; Pogg. Ann. XXVII. 1—4, und: *Fortgesetzte Versuche über die Eudiometrie;* Pogg. Ann. XXXI. 1—16. Der Sauerstoff wurde mittelst einer passenden Vorrichtung dem Gewichte, der Stickstoff dem Volumen nach bestimmt. Folgende Tafel enthält nun die Ergebnisse der Versuche.

Digitized by Google

Boussingault und Dumas[32]) haben eine genauere Methode

Zeit des Versuches.	Dauer desselben.	Barometer.	Temperatur d. Stickgases.	Gewichtszunahme.	Eudiometr. Verhältniss in 100 Volumth. Luft.
	Min.	Mill.		Grmm.	
18. Juli $6\frac{1}{4}$ Uhr Abds.	34	559,0	10° C.	0,124	20,79
— „ $8\frac{3}{4}$ „ „	41	558,5	11,5	0,123	20,76
19. „ $5\frac{1}{2}$ „ Morg.	55	556,8	13,5	0,123	20,93
— „ 7 „ „	51	556,9	12,0	0,125	21,11
— „ $8\frac{1}{4}$ „ „	39	556,5	13,5	0,123	20,94
— „ $9\frac{1}{2}$ „ „	60	556,7	14,0	0,122	20,83
— „ $11\frac{1}{4}$ „ „	35	556,7	12,4	0,124	21,00
— „ $5\frac{1}{4}$ „ Abds.	27	556,0	10,5	0,123	20,77
— „ $6\frac{1}{4}$ „ „	21	555,9	10,0	0,123	20,75
20. „ 5 „ Morg.	55	553,9	13,5	0,122	20,83
— „ $6\frac{1}{2}$ „ „	29	553,8	14,5	0,123	21,08
— „ 8 „ „	27	553,8	14,0	0,123	21,05
— „ 9 „ „	28	553,7	14,0	0,1225	20,98
— „ 10 „ „	28	553,7	13,5	0,1225	20,95

„Nimmt man aus diesen Ergebnissen das Mittel, so ergiebt sich als Sauerstoffgehalt in 100 Volumtheilen Luft 20,915, mithin ziemlich genau das für die unteren Luftschichten gefundene Verhältniss. Ohne Zweifel würde eine grössere Reihe von Versuchen demselben noch näher führen. Eine Differenz von nicht ganz 0,1 Procent ist bei Versuchen in einem ungewohnten Local wohl kaum in Anschlag zu bringen. Ich glaube daher den Chemikern, welche, auf wenige und meistens nicht hinlänglich begründete Erfahrungen gestützt, die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft in den von Menschen zu erreichenden Höhen für gleichartig halten, eine neue und etwas sichere Bestätigung geliefert zu haben, und sollte vielleicht die Dalton'sche Theorie, welche schon durch theoretische Angriffe ziemlich in's Gedränge gebracht worden, von ihren Anhängern noch nicht gänzlich aufgegeben worden sein, so wird doch ihre Wahrscheinlichkeit durch die so eben mitgetheilten Erfahrungen etwas geringer geworden sein.“

[32]) *Untersuchungen über die wahre Zusammensetzung der atmosphärischen Luft*, von Dumas und Boussingault (Compt. rend. Juin 1841. p. 1005), J. f. pr. Ch. XXIV. 65—89. Sechs Versuche, die je zwei zugleich angestellt wurden, gaben übersichtlich folgende Resultate:

	Kleiner Ballon.	Ballon von mittl. Grösse.
27. April. Sauerstoff	22,92	22,92 in 100 Theilen Luft,
28. „ „	23,03	23,09 „ „ „ „
29. „ „	23,03	23,04 „ „ „ „
Mittel	22,993	22,016.

Nimmt man das Mittel aller 6 Versuche, so findet man

Sauerstoff	23,010	oder 23
Stickstoff	76,990	„ 77
	100,000	100

als Zusammensetzung der Luft dem Gewichte nach und unter den Umständen, unter welchen hier operirt wurde. Da diese Thatsache von jeder Berichtigung, jedem Coëfficienten und jeder Hypothese unabhängig ist, so kann sie dienen, um einige Zahlen von der grössten Wichtigkeit zu erforschen, nämlich die Dichtigkeiten des Sauerstoffs und des Stickstoffs. Aus den angeführten Analysen der atmosphärischen Luft,

Digitized by Google

zur Untersuchung der atmosphärischen Luft vorgeschlagen und angewandt; sie besteht darin, dass man mit einer grösseren Quantität Luft operirt und die Gasarten nicht misst, sondern ihrem Gewichte nach bestimmt, und dass man zur Absorption des Sauerstoffs mittelst einer passenden Vorrichtung sich des rothglühenden, vorher durch Wasserstoff reducirten Kupfers bedient; durch dieses Verfahren scheint es ihnen gelungen zu sein, weit genauere und weniger schwankende Resultate zu erhalten, als dies bisher der Fall gewesen war. Sie fanden für die Luft zu Paris in den letzten Tagen des Monats April 1841 bei schönem Wetter in 6 Versuchen im Minimum 22,92, im Maximum 23,04, im Mittel 23,010 Gewichtstheile Sauerstoff, also fast genau das Verhältniss 23:77 oder in Volumtheilen 20,8 Sauerstoff und 79,2 Stickstoff, während in einer bei regnigtem Wetter aufgefangenen Luft 23,015 Gewichtstheile Sauerstoff, also genau ebenso viel wie bei schönem Wetter gefunden wurden, woraus zu folgen scheint, dass der Sauerstoff unter dem Einfluss des Regens noch nicht um ein Tausendtheil variirt. Ebenso wenig scheint die Höhe über der Meeresfläche nach den zahlreichen Versuchen, welche Boussingault in Amerika anstellte, irgend wie in dem Sauerstoffgehalte der atmosphärischen Luft Schwankungen zu veranlassen [33]). Dies bestätigt also vollkommen die von Brunner auf dem Faulhorn erhaltenen Resultate, welche im Mittel dem Gewichte nach 23,010 p. C. Sauerstoff ergaben, also ganz vollkommen der zu Paris gefundenen Zusammensetzung der Luft entsprechend. Ganz dieselbe Zahl fand auch

---

wie auch durch directe Untersuchung des reinen Stickstoffes und Sauerstoffes fanden Dumas und Boussingault für den erstern die Dichtigkeit 0,972 und für den letztern 1,1057, anstatt der von Berzelius und Dulong angegebenen Zahlen 0,976 und 1,1026. — S. 76 a. a. O. „Aber diese Zusammensetzung muss wechseln. Wenn es regnet, so löst das Wasser, welches sich condensirt, mehr Sauerstoff als Stickstoff auf; wenn es friert, so lässt das Wasser dieselben Gase fahren, das verdunstende Wasser giebt sie gleichfalls der Atmosphäre wieder. Die Verbrennung, das Athmen der Thiere nehmen der Luft Sauerstoff, die Pflanzen geben ihr mit ihren grünen Theilen Sauerstoff jeden Tag unter Einwirkung der Sonne ab. Diese und ohne Zweifel viele andere Ursachen streben dahin, das Gleichgewicht der Elemente in der Atmosphäre an einem gegebenen Punkte zu stören, die einen in diesem, die andern in jenem Sinne. Es bliebe also noch zu wissen übrig, ob das Bestreben, welches die Gase zeigen, sich zu mischen, unterstützt durch die von Temperaturverschiedenheit erregten Verticalströmungen, begünstigt auch durch die Winde, welche in der Ferne unaufhörlich die Horizontalschichten der Luft forttragen und vermischen, ob dies Alles nicht die aus der Localwirkung der von uns eben übersichtlich angedeuteten Ursachen entspringenden momentanen Differenzen schnell aufheben würde."

[33]) A. a. O. 79. — Boussingault fand nämlich im Mittel folgende Sauerstoffprocente dem Volumen nach:

Zu Santa-Fe de Bogota bei 2650 Meter	20,65
Zu Ibaqué bei 1323 Meter Höhe . . .	20,70
Zu Mariquita bei 548 Meter Höhe . . .	20,77
Mittel	20,70.

Digitized by Google

Verver[34]) im Mai und Juli des Jahres 1839 zu Groningen, indem er sich des von Brunner beschriebenen Verfahrens bediente, nämlich 22,998 oder 23 Gewichtstheile Sauerstoff. Es geht also aus diesen Thatsachen hervor, dass in Folge der Mischung der Gase mittelst der verschiedenen Bewegungsursachen, welche unaufhörlich streben, die Luftschichten unter einander zu mengen, der Unterschied im Verhältniss von Sauerstoff und Stickstoff, der sich in verschiedenen Höhen zeigen könnte, unmerklich wird. Auch scheint die Zusammensetzung der Luft in längeren Zeiträumen sich nicht merklich zu ändern, wie dies Dumas und Boussingault durch die genaue Uebereinstimmung der von ihnen unternommenen Wägungen eines Litre Luft mit denen, welche vor 40 Jahren von Biot und Arago mit der grössten Genauigkeit ausgeführt wurden, sowie durch die Vergleichung der neueren genauen Luftanalysen mit den mit Recht berühmten Analysen von Gay-Lussac und Humboldt, — für diesen Zeitraum von 40 Jahren festgestellt zu haben scheinen. Alle Processe, die auf der Oberfläche der Erde vorgehen und deren Einfluss auf die Zusammensetzung der Atmosphäre man sich oftmals von so grosser Bedeutung gedacht hat, sind ohne Zweifel von der Art, dass sie das Verhältniss der Bestandtheile der Luft auf eine kaum merkliche Weise stören; wenigstens müssten erst an verschiedenen Orten, zu verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen Umständen mit Benutzung aller Mittel, welche die neuere Eudiometrie an die Hand giebt, zahlreiche Analysen ausgeführt werden, um diese Störungen, welche jene Ursachen vielleicht veranlassen, verfolgen zu können[35]). Durch Dumas und Boussingault

---

[34]) A. a. O. S. 82.

[35]) A. a. O. S. 84 ff. — „Um die Grenze zu erreichen, bei welcher die Veränderungen, welche die Atmosphäre von Seiten der Thiere oder Pflanzen, von Seiten der Jahreszeit, des Regens oder Windes erleidet, merklich würden; um zu entscheiden, ob ihre Zusammensetzung in verschiedenen Breiten oder verschiedenen Höhen unverändert bleibt, handelt es sich nicht mehr darum, die Analyse der Luft auf $\frac{1}{10}$ genau zu machen, wie man es sonst that, noch selbst auf $\frac{1}{1000}$, wie wir es gethan haben, man muss noch viel weiter gehen, als hätte durch eine providentielle Vorsicht die Natur nicht gewollt, dass die Aenderungen, welche für die Atmosphäre durch das regelmässige Spiel der Kräfte, welche auf der Oberfläche der Erde wirken, möglich sind, auch nicht von fern je die Grenze erreichen könnten, wo das Leben der Thiere und das der Pflanzen darunter leiden würde. — Einige Rechnungen, welche ohne Zweifel keine absolute Genauigkeit haben können, die aber nichtsdestoweniger auf einer Summe von hinreichend sicheren Angaben beruhen, sollen zeigen, wie weit man die Annäherung treiben müsste, um die Grenze zu erreichen, bei welcher die Veränderungen des Sauerstoffes sich in fühlbarer Weise aussprechen würden. — Die Atmosphäre ist unaufhörlich in Bewegung; die Ströme, welche durch Wärme, Winde und elektrische Phänomene erregt werden, mischen und mengen unaufhörlich ihre verschiedenen Schichten. Es ist also ihre Gesammtmasse, welche verändert werden müsste, damit die Analyse zu verschiedenen Zeiten einen Unterschied finden könnte. Nehmen wir

Digitized by Google

veranlasst, haben vor Kurzem mehrere Chemiker an verschiedenen Orten nach der von den Ersteren angegebenen Methode eine Reihe von Versuchen angestellt und übereinstimmende Resultate erhalten; so fand Marignac[36]) zu Genf die mittlere Zahl = 22,98;

---

nun mit Prevost an, dass jeder Mensch täglich ein Kilogramm Sauerstoff verzehrt, dass 1000 Millionen Menschen auf der Erde sind, und dass in Folge des Athmens der Thiere oder durch die Fäulniss der organischen Materien diese den Menschen zugeschriebene Verzehrung noch vervierfacht würde. Nehmen wir ferner an, dass der von den Pflanzen entwickelte Sauerstoff nur allein die Wirkung der Ursachen einer Sauerstoffverzehrung aufhöbe, die in unserer Schätzung sind vergessen worden, so heisst das doch wohl die Veränderung der Luft ziemlich hoch anschlagen. Und doch würde bei dieser übertriebenen Hypothese nach Verlauf eines Jahrhunderts das ganze vereinte Menschengeschlecht und noch ein dreifaches Aequivalent desselben nur eine Quantität Sauerstoff absorbirt haben, welche dem Gewichte nach gleich 15 oder 16 Kupferwürfeln von 1 Kilometer Seite sein würde, während die Atmosphäre ungefähr deren 134000 enthält. Behauptet man also, dass die Thiere, welche die Oberfläche der Erde bevölkern, wenn sie alle ihre Kräfte zusammennehmen, in einem Jahrhundert die Luft, aus welcher sie athmen, so weit verunreinigen könnten, dass sie eines Achttausendtheils ihres Sauerstoffes, den die Natur darin deponirt hat, beraubt würde, so heisst das schon eine Annahme machen, welche die Wirklichkeit unendlich weit übertrifft. — Nichts ist leichter zu bewahrheiten als dieser Schluss in dem, was er Allgemeines enthält. Das Athmen der Thiere bringt Kohlensäure hervor, die Pflanzen zerstören dieselbe, indem sie sich des Kohlenstoffes bemächtigen und den Sauerstoff der Luft zurückgeben. Die Modificationen, welche also die Luft in Betreff des Sauerstoffes zeigen kann, werden doch höchstens von derselben Bedeutung sein, als die Modificationen, welche man in Betreff der Kohlensäure der Luft beobachtet. Nun weiss man aber aus den Versuchen von Saussure und Brunner, dass die Kohlensäure der Luft dem Volumen nach beinahe von 4—6 Zehntausendtheilen variirt. Nimmt man nun an, dass diese Kohlensäure von dem Sauerstoffe herrührt, den die Luft abgegeben hat, und nicht von den Gasen, welche die Vulkane unaufhörlich ausstossen, so würde der Unterschied dieser Zahlen, welcher 2 Zehntausendtheile des Volumens der Luft beträgt, die Veränderung anzeigen, welche der Sauerstoff erlitten; so würde man in 10000 Volumen Luft 2081 } Sauerstoff finden. Dieser Unterschied würde
oder 2083 }
offenbar nicht zu bestimmen sein, wenn man sich darauf beschränkte, 10 oder selbst 25 Gr. Luft, wie wir es gethan haben, zu analysiren, da derselbe von ungefähr 2 oder 3 Milligr. bezeichnet würde. Untersuchte man 1000 Gr. Luft, so würde er durch 200 bis 300 Milligr. bezeichnet sein. Man kann also, wenn man will, dahin gelangen, dass die Luftanalyse in der That von einigem Nutzen bei der Erörterung der allgemeinen Gesetze der Physik unserer Erde werden könnte. Aber da wir kein Mittel haben, ein Cubikmeter Stickstoff zu wägen, so muss man offenbar das von uns beschriebene Verfahren in ein anderes, dem von Brunner angewendeten entsprechendes verwandeln, wo der Stickstoff gemessen und nur der Sauerstoff gewogen wird, indem man den letztern durch glühendes Kupfer absorbirt. Durch eine Reihe solcher Versuche kann man, bei Beobachtung aller Vorsichtsmaassregeln, mit Sicherheit den Sauerstoff bis auf $\frac{1}{10000}$ genau angeben." —

[36]) *Ueber die Zusammensetzung der Luft;* Bericht von Dumas (Compt. rend. XIV. p. 379), J. f. pr. Ch. XXVI. 294 u. 95. — Marignac fand folgende Zahlen:

Digitized by Google

Stas[37]) zu Brüssel in 12 Luftanalysen Zahlen, die nur zwischen 23,04 und 23,08 schwankten, und endlich Levy[38]) zu Kopenhagen 23,016 und zu Helsingör 23,037 Gewichtstheile Sauerstoff. Da alle diese hier mitgetheilten Analysen zu verschiedenen Jahreszeiten und unter den verschiedensten Umständen und Verhältnissen ausgeführt worden sind, so geht also aus denselben das Resultat hervor, dass die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft an diesen Orten sehr nahe eine und dieselbe ist; indessen ist doch zu bemerken, dass der Unterschied der gefundenen Zusammensetzung der Luft bei Brüssel z. B. und derjenigen am Faulhorn nicht wohl in einem Beobachtungsfehler oder in der Ungenauigkeit der angewandten Methode seinen Grund haben kann, sondern eine wirkliche Schwankung und Abweichung von dem Normal-Verhältnisse anzudeuten scheint. Ueber diese Schwankungen, welche seit Entdeckung des Sauerstoffgases und der ersten Untersuchung der atmosphärischen Luft abwechselnd von verschiedenen Chemikern bestätigt und wiederum geläugnet worden sind, ist man noch bis in die neueste Zeit hinein in Ungewissheit geblieben, und wenn auch die von Ficinus[39]) mitgetheilten Resultate seiner Unter-

	Für 10000 Gewichtsth. Luft.	
Den 11. Jan. 1842	2301	Sauerstoff,
Den 18. „ „	2300	„
Den 3. Febr. „	2297	„
Mittlere Zahl	2298.	

[37]) *Zusammensetzung der Luft*, von Stas (Compt. rend. Avr. 1842. p. 570), J. f. pr. Ch. XXVI. 297 u. 98. — Zwei Mal hat sich die Zahl für den Sauerstoffgehalt ohne eine merkliche Fehlerquelle auf 2311 u. 2314 erhoben. „So hat Stas die Luft zu Brüssel ebenso zusammengesetzt gefunden wie zu Paris, Genf und Kopenhagen, und hat die zu Paris gemachte Beobachtung bestätigt, dass plötzliche Veränderungen noch von Zeit zu Zeit ohne wahrnehmbare Ursachen die Zusammensetzung der Luft zonenweise zu modificiren scheinen."

[38]) *Untersuchungen über die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft*, von Levy (Compt. rend. t. XVII. No. 6), J. f. pr. Ch. XXX. 207—224.

Atmosphärische Luft bei Kopenhagen.

Tage.	Barometer.	Thermometer.	Winde.	Zustand d. Himmels.	Sauerstoff in 1000 Th. Luft.
17. Nov. 1841	0,7498 M.	— 6,8°	NO.	Schnee	230,2
30. „ „	0,7414 „	+8,0	S.	bedeckt	230,3
12. Dec. „	0,7480 „	5,0	SO.	schön	229,8
15. „ „	0,7576 „	4,5	OSO.	schön	230,1
22. „ „	0,7504 „	1,5	Windstille	Schnee	230,4
				Mittel	230,16

Bei Helsingör (am Eingange des Sundes) wurden am 18. Febr. 1842 bei 0,7670 M. Barom., 4,0° Wärme, NO-Wind und bedecktem Himmel 230,37 Sauerstoff gefunden.

[39]) *Ueber die Beschaffenheit der Atmosphäre bei verschiedenen Winden*, von Ficinus; J. f. pr. Ch. XXX. 62—64. Der Sauerstoffgehalt schwankte in den Analysen von Ficinus zwischen 20,00 u. 25,44.

Digitized by Google

suchungen über die Beschaffenheit der Atmosphäre bei verschiedenen Winden zu grosse Differenzen zeigen, als dass man von deren Richtigkeit überzeugt sein könnte, so zeigen doch wiederum die von Levy ausgeführten Analysen der Luft auf der Nordsee wie auch der auf Guadeloupe gesammelten Luft [40]), dass allerdings

---

Ficinus sagt selbst: „Ein Gewicht lege ich nicht auf diese Beobachtungen. Sie sind zu wenig zahlreich, umfassen nur einen Theil des Jahres, beschränken sich nur auf einen Punkt der Erdoberfläche, allen hängt auch noch ein Fehler an, welcher durch Correction nicht beseitigt ist. Sie würden aber einen Werth erhalten, könnte man sie mit anderen von verschiedenen Punkten der Erde vergleichen; doch scheint so viel daraus hervorzugehen, dass unter unseren Breiten (Dresden) südliche und westliche Winde im Winter eine Mischung haben, welche sich zu einem Uebermaasse an Sauerstoff hinneigt, die nördlichen und östlichen zu einem Mangel desselben. Rückläufige Winde machen eine Ausnahme. Ein bestimmteres Resultat ist, dass bei nebeligem, vorzüglich stürmisch-regnerigem Wetter die kohlensaure Luft oft für eine Zeitlang vollständig durch das vorhandene tropfbare Wasser aus der Atmosphäre eingesogen und entfernt wird." —

[40]) Levy a. a. O.

Zusammensetzung der atmosphärichen Luft der Nordsee.

Tage.	Stunden.	Barometer.	Thermometer.	Winde.	Zustand des Himmels.	Nördliche Breiten.	Längen v. Paris.	Abstand v. d. Küsten.	Sauerstoff in 1000 Th. trockner Luft.
2. Aug. 1841	1 U. 15 M. Nachm.	0,7375 M.	17,0°	ONO.	bedeckt	52° 36′	0° 58′	18 Lieues	226,2
3. „ „	1 „ 15 „ Morg.	0,7335 „	16,0	NO.	schön	54° 15′	2° 7′	30 „	225,8
3. „ „	10 „ 45 „ „	0,7330 „	16,5	N.	schön	55° 30′	3° 10′	34 „	226,1
4. „ „	8 „ 30 „ „	0,7285 „	16,0	S.	schön	57° 46′	8° 22′	4 „	225,9
22. Mai 1842	9 „ 30 „ „			SO.	bedeckt	57° 50′	8° 28′	4 „	230,9
22. „ „	6 „ 45 „ Abends			S.	schön	57° 4′	3° 10′	27 „	231,2
23. „ „	1 „ 0 „ Nachm.			SO.	bedeckt	54° 30′	2° 40′	28 „	231,0
24. „ „	8 „ 0 „ Morg.			SW.	bedeckt	52° 41′	1° 07′	15 „	232,3
24. „ „	4 „ 0 „ Nachm.			OSO.	bedeckt	52° 6′	0° 40′	15 „	230,4

„Woher kommt diese Veränderung in dem Zustande der Atmosphäre? Hängt dieselbe mit den zwei ver-

hier nicht unbedeutende Schwankungen in der Sauerstoffmenge stattfinden, deren Ursachen man aus den wenigen bisher ausge-

---

schiedenen Jahreszeiten zusammen, in welchen die Luft gesammelt wurde? oder beruht diese Differenz auf irgend einer andern Ursache, welche man bis jetzt nicht im Stande ist, zu erklären, weil die Zahl der Versuche, welche bis jetzt gemacht sind, zu gering ist? Man bemerkt ferner, dass die um 4 Uhr Abends am 24. Mai eingesammelte Luft merklich ärmer an Sauerstoff ist, als die um 8 Uhr Morgens aufgefangene Luft; aber man muss auch bedenken, dass ein Unterschied in dem Zustande der Atmosphäre eintrat, da in diesem Zwischenraume ein Sturm gewüthet hatte, dass eine sehr grosse Menge Regen gefallen war und dass die Richtung des Windes sich geändert hatte. — Ich bin jedoch geneigt, der folgenden Ursache mehr Einfluss zuzuschreiben, als derjenigen, welche diese Variationen allein von der Einwirkung des Regenwassers abhängig machen sollte. Man weiss nämlich jetzt durch die Versuche von Morren, dass das Wasser der Fischteiche sehr beträchtliche Quantitäten von Sauerstoffgas enthalten kann, was auf einer Eigenthümlichkeit beruht, die man bisher noch nicht gekannt hat, nämlich darauf, dass gewisse kleine Thiere im Stande sind, die Kohlensäure zu zersetzen und das Sauerstoffgas frei zu machen; diese Zersetzung geht unter dem Einflusse des Lichtes vor sich. Man weiss ferner, dass die Thiere dieser Ordnung plötzlich in unglaublichen Massen über grosse Strecken des Meeres verbreitet erscheinen und verschwinden. Durch ihre Gegenwart und unter den günstigen Bedingungen kann das Meer der Sitz einer beträchtlichen Sauerstoffgasentwicklung werden. Bei der Abwesenheit dieser kleinen Thierchen haben die Thiere, welche auf Kosten des im Meerwasser aufgelösten Sauerstoffes leben, einen entgegengesetzten Einfluss, und das mehr oder weniger seines Sauerstoffes beraubte Meerwasser wird bald der Sitz einer Absorption, welche die Sauerstoffmenge der die Oberfläche des Meeres berührenden Luft zu vermindern strebt. Wenn man die grosse Masse des Meerwassers bedenkt, so muss man erwarten, dass solche Phänomene einen gleichmässigen Einfluss auf dasselbe haben und sich nicht so variirend zeigen, noch auch geeignet sein werden, die Ursache abzugeben des Unterschiedes in der Zusammensetzung der Luft, welchen wir mit Hülfe unserer Instrumente finden, als wenn es sich um eine begrenzte Wassermasse handelte, z. B. um die eines Fischteiches. Es wird also von einem grossen Interesse sein, an einem günstigen Orte die Analyse der in dem Meerwasser enthaltenen Luft zu verschiedenen Zeiten des Jahres vorzunehmen, indem man die Versuche verbindet mit mikroskopischen Beobachtungen, um die organische Constitution des zu untersuchenden Wassers aufzuklären. Alles spricht dafür, dass man in dieser Luft Variationen finden wird. Diese werden wegen der Massen langsam vor sich gehen. Man kann also erwarten, die Luft an der Oberfläche Veränderungen in der Zusammensetzung darbieten zu sehen, welche sich beziehen auf die meteorologischen und organischen Umstände, die man in dem Augenblicke des Versuches beobachtet. Die gegenwärtige Zusammensetzung der an der Oberfläche des Meeres befindlichen Luft wird also die Folge eines früheren Zustandes sein, welcher mehr oder weniger weit zurückgehen kann und dessen Grenzen nicht anders als durch den Versuch festgestellt werden können."

Levy hat ferner Analysen angestellt mit einer Luft, die von Guadeloupe nach Paris geschickt worden war. Unter folgenden Umständen wurde die Luft eingesammelt. Im Petit-Canal wurde den 20. und 21. Nov. die Luft nach einer Reihe von schönen und trocknen Tagen eingesammelt; an derselben Localität wurde am 23. und 24. die Luft nach einigen Tagen mit Windstössen aus Nordwest aufgefangen. Die Luft,

Digitized by Google

führten Untersuchungen vergebens zu erklären versuchen würde; ob, wie Levy vermuthet, die Zunahme der Sauerstoffmenge

---

welche am 29. und 30. Nov. bei der Pflanzung Péron, im Bezirk von Petit-Bourg, gesammelt wurde, war von einem hohen, gebirgigen und vulkanischen Punkte der Insel Guadeloupe, im Gegensatz zu derjenigen, welche vorher in der Gegend des Canals von Grande-Ferre in einem beinahe ebenen, leicht hügeligen und kalkigen Lande war aufgefangen worden. Die Luft, welche am 27. und 28. Nov. in den Palétuviers des Flusses Salée eingesammelt wurde, bietet das Extrem der Veränderung dar, welche die Luft in Folge der Aushauchungen der Pflanzen wird erleiden können. Wir haben ein doppeltes Interesse, die Zusammensetzung der Luft von dieser Localität mit grosser Sorgfalt zu studiren: 1) weil der Ort mitten in dem weiten Meere belegen war, dessen Einfluss sich fühlbar machen musste; 2) weil es ein vulkanisches Land war, wo wir also der besondern Natur dieser Formation eigenthümliche Resultate finden konnten.

Tage (1842).	Barometer.	Thermometer.	Wind.	Zustand d. Himmels.	Kohlensäure in 1000 Th. trockner Luft.	Sauerstoff in 1000 Th. trockner Luft.	Stickstoff in 1000 Th. trockner Luft.	Sauerstoff, abgesehen von der Kohlensäure.
20. Nov.	0,7639 M.	28,9°	WNW.	heiter	22,2	225,3	752,5	230,4
—	—	—	—	—	22,0	225,1	752,9	230,2
21. Nov.	0,7632 „	24,8°	—	sehr schön	2,2	230,0	767,8	230,5
23. „	0,7622 „	27,3°	NW.	bedeckt	7,8	229,5	762,7	231,4
23. „	0,7618 „	24,4°	Windst.	heiter	13,6	226,2	760,2	228,5
27. „	0,7643 „	29,5°	SW.	—	0,4	230,4	769,2	230,4
28. „	0,7649 „	22,5°	Windst.	sehr schön	1,5	226,3	772,2	226,7
28. „	—	—	—	—	1,4	226,7	771,9	226,9
29. „	0,7645 „	24,8°	WNW.	sehr schön	6,1	228,6	765,3	230,0

„Unter diesen sieben Resultaten giebt es zwei, welche weit weniger Sauerstoff angeben, als die normale Luft von Paris, und welche hinsichtlich dieses Verhältnisses übereinstimmen mit den Analysen der Luft, welche ich auf meiner Reise nach Kopenhagen eingesammelt hatte. Ein anderes Resultat dagegen bietet uns einen ungewöhnlichen Ueberschuss an Sauerstoff dar. Es ist dies nicht zufällig, noch durch einen Versuchsfehler veranlasst, da wirklich zuweilen die Luft auch nach andern Versuchen merklich reicher an Sauerstoff sich gezeigt hat, zu Paris nach einigen Analysen von Dumas, zu Brüssel nach einigen Analysen von Stas. — Auf der andern Seite zeigt die Luft von Guadeloupe auffallende Abwechselungen in ihrem Gehalte an Kohlensäure. Wird es wahrscheinlich sein, dass in den vulkanischen Gegenden die Ausdünstungen der Kohlensäure, welche bekanntlich zuweilen in so grosser Menge sich entwickelt, im Stande sein würden, bis zu diesem Grade die Zusammensetzung der Luft zu verändern? Dies sind Fragen, welche sehr würdig sind, den Eifer der Physiker zu erregen, die in der Nähe des Aetna's, des Vesuvs und selbst in den alten vulkanischen Gegenden, wie in der Auvergne und an den Ufern des Rheins, Gelegenheit zu einer baldigen Lösung derselben finden werden. In jedem Falle ist es klar, dass die Menge der Kohlensäure in der Luft von Guadeloupe keineswegs zusammenhängt mit der verminderten Menge des Sauerstoffs; es ist Kohlensäure, welche zur Luft hinzugetreten ist, sei

Digitized by Google

in der Seeluft der Gegenwart kleiner Thierchen, die, wie Morren [41]) bei den stehenden süssen Gewässern gefunden hat, die Eigenschaft besitzen, unter dem Einflusse des Lichtes die Kohlensäure zu zersetzen und das Sauerstoffgas frei zu machen, zugeschrieben werden kann, sowie die Verminderung des Sauerstoffgases der Abwesenheit dieser Thierchen, indem dann die gewöhnlichen Thiere, welche im Meereswasser auf Kosten des in ihm aufgelösten Sauerstoffes leben, die Absorption des letztern verursachen, ob bei dieser Annahme die gefundenen Schwankungen in den Mengenverhältnissen der Seeluft ihre Erklärung finden, oder ob sie andern Ursachen ihr Dasein verdanken, dies möchte wohl erst später, wenn wir eine hinlängliche Anzahl von genauen Luftanalysen mit einander zu vergleichen im Stande sind, entschieden werden können.

B. Kohlensäure.

Die älteren chemischen Schriftsteller nehmen den Kohlensäuregehalt der Atmosphäre, den Bergmann im Jahre 1774 zuerst nachgewiesen hatte, gewöhnlich viel zu gross an, sogar bis zu 0,06 [42]); nach sehr unvollkommenen Methoden schätzten Girtanner [43]), Fourcroy [44]) und Andere ihn auf 0,01 bis 0,02. Man glaubte anfangs, dass die Kohlensäure nur in dem untern Theile der Atmosphäre vorhanden und überhaupt in ihrer Menge sehr vielen Veränderungen unterworfen sei; erst nachdem Saussure auf dem Gipfel des Montblanc [45]) noch Kohlensäure, und nachdem Humboldt [46]) in der von Garnerin aus einer Höhe

---

es nun, dass sie von den vulkanischen Aushauchungen herrührt, oder aus irgend einer ganz andern Quelle. — Ich kann also in der völligen Gewissheit schliessen, dass *das in der Luft vorhandene Sauerstoffgas hinsichtlich seiner Menge variirt*, und wenn auch die Veränderung bei der auf den Continenten aufgefangenen Luft sich innerhalb enger Grenzen und etwas unsicher zeigt, so wird dieselbe doch weit grösser und unbestreitbarer bei der auf dem Meere eingesammelten Luft." —

[41]) *Ueber den Einfluss, welchen das Licht und die organische grüne, oft in stehenden Gewässern enthaltene Substanz auf die Qualität und die Quantität der Gase ausüben, welche diese Gewässer enthalten*, von Morren; Ann. de Chim. et de Phys. III. Sér. t. I. p. 456.

[42]) Gehler's *physik. Wörterbuch*, B. II. S. 396.

[43]) Girtanner, s. Gilb. Ann. III. S. 79.

[44]) Fourcroy, *Système des Conn. chim.* Vol. I. p. 158.

[45]) *Voyage dans les Alpes*, t. IV. p. 200.

[46]) *Versuche über die Zerlegung des Luftkreises*, von Alex. v. Humboldt; Gilb. III. 77—83. 1800; und *Versuche über die chemische Zerlegung des Luftkreises und einige andere Gegenstände der Naturlehre.* Mit 2 Kpfn. Braunschweig 1779, bei Vieweg, 258 S. gr. 8. Das Maximum der Kohlensäure, welches Humboldt in der gemässigten Zone fand, war 0,018 (21. Aug. 1797, 73° Hyg. Saus-

Digitized by Google

von 650 Toisen mitgebrachten Luft ebenso viel Kohlensäure gefunden hatte als in der damals von ihm zu Paris untersuchten Luft, gelangte man zu der Ueberzeugung, dass die Kohlensäure kein zufälliger, sondern ein allgemein verbreiteter Bestandtheil der Atmosphäre sei. Humboldt fand mittelst des von ihm erfundenen Anthrakometers (Kohlensäuremessers) den mittleren Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure in der gemässigten Zone = 0,015. Der Erste jedoch, welcher ausführliche und genaue Untersuchungen über den Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten anstellte, war Th. de Saussure. Schon seit 1809 hatte dieser Forscher mit dem Mengenverhältniss der Kohlensäure in der atmosphärischen Luft sich beschäftigt und bereits 1816 [47]) die Behauptung aufgestellt, dass in Folge des Verbrennungs-, Athmungs- und Gährungsprocesses die Luft im Sommer bei stiller Witterung eine grössere Menge Kohlensäure enthalte als im Winter; aber erst im Jahre 1830 wurden die zahlreichen Versuche bekannt gemacht [48]),

---

sure, 18°,5 R.), das Minimum 0,005 (den 3. Sept. bei einem Regen, bewölktem Himmel und 17° R.). Lange wiederholte Vergleichung des Anthrakometers mit dem Hygrometer zeigten Humboldt zwar, dass im Sommer im Ganzen etwas mehr Kohlensäure in der Atmosphäre sei, dass dieser Unterschied aber keineswegs in den hygrometrischen Verhältnissen des Luftkreises gegründet sei. Aus seinen Versuchen ging ebenfalls hervor, dass die nächsten Ursachen des zunehmenden und abnehmenden Kohlensäuregehaltes nach denselben noch nicht zu bestimmen wären.

[47]) *Ueber den verschiedenen Gehalt der atmosphärischen Luft an Kohlensäure, im Winter und im Sommer,* von Th. de Saussure; Gilb. Ann. LIV. 217—231. 1816.

[48]) *Ueber die Schwankungen des Kohlensäuregehalts der Atmosphäre,* von Theod. de Saussure; Schweigg. LXI. 17—43 u. 129—154. *Einfluss des Regens auf die Schwankungen im Kohlensäuregehalte der Luft.* Einen hauptsächlichen Einfluss auf die Schwankungen des Kohlensäuregehalts zu verschiedenen Jahreszeiten, oder auch zu denselben Zeiten in verschiedenen Jahren, übt ohnstreitig die zufällige Befeuchtung des Bodens durch den Regen aus, indem dieser höchst wahrscheinlich die Menge dieses Gases, theils durch eigne Absorption, theils indem es die Absorptionsfähigkeit des Bodens begünstigt, verringert. Es ist hier nur von der, durch anhaltenden Regen nach dem Eindringen in den Boden, hervorgebrachten Wirkung die Rede; ein Platzregen hat zuweilen gar keine Wirkungen und scheint sogar unmittelbar nach seinem Falle eine Vermehrung des Kohlensäuregases zur Folge zu haben, welche theils in der Ausscheidung dieses Gases aus dem Boden, indem das Wasser in letzteren eindringt, theils aber auch in der Dislocation der obern Luftschichten ihren Grund haben könnte. — Ein Litre frisches Regenwasser, welches das Kalkwasser nicht trübte, lieferte durch einstündiges Kochen 20,5 Cub. C. Luft, bestehend aus 13,46 Cub. C. Stickgas, 6,73 Cub. C. Sauerstoffgas und 0,31 Cub. C. Kohlensäuregas. — Die Beispiele von der Wirkung des Regens, welche ich im Folgenden anführen werde, bieten allerdings Widersprüche dar; diese klären sich jedoch auf, wenn man berücksichtigt, dass der Kohlensäuregehalt eines Monats dem der vorhergehenden untergeordnet ist. Es scheint, als wenn

Digitized by Google

aus welchen hervorzugehen scheint, dass ein anhaltender Regen in dem Klima von Genf*) der Einfluss des Regens nur im Winter und im Frühlinge mit Bestimmtheit geschätzt werden könnte, weil er sowohl durch den angehenden Frost, als auch durch das Aufthauen, welches selbst bei Abwesenheit des Regens eine Säure-Verminderung herbeiführt, modificirt wird.

Zeit der Beobachtung.		Regenmenge in Millimetern.	Mittlerer Kohlensäuregehalt in 10000 Raumtheilen Luft, zu Mittag.
Juni . . .	1828	10 Millim.	4,79
„ . . .	1829	77 „	4,07
Juli	1827	9 „	5,18
„	1828	173 „	4,56
„	1829	52 „	4,32
August . .	1827	75 „	5,01
„ . .	1828	128 „	4,28
„ . .	1829	116 „	3,8
September	1827	30 „	5,1
„	1828	104 „	4,18
„	1829	254 „	3,57
October .	1828	75 „	3,94
„ .	1829	113 „	3,75
November	1828	81 „	4,11
„	1829	138 „	3,89
December	1828	9 „	4,14
„	1829	34 „	3,72

Die Menge der Kohlensäure steht in näherer Beziehung zu der durch den Regen hervorgebrachten ausdauernden Nässe des Bodens, als zu der daraus hervorgegangenen Wassermenge. Ein feuchter Boden vermindert mehr die Kohlensäure, in Folge einer von leichten, aber häufigen Regen begleiteten niedrigen Temperatur, als durch momentane Wirkung einer sich auf ein Mal ergiessenden zehn Mal grösseren Wassermenge.

Von dem Einfluss der Gefrierung des Bodens auf die atmosphärische Kohlensäure. Im Monat December 1828, bei nebliger, jedoch nicht regnigter Witterung und fortwährend sehr feuchtem Boden variirte der Kohlensäuregehalt der Luft zwischen 3,85 und 4,25; in der ersten Hälfte des Januars, bei Frostwetter, stieg der Kohlensäuregehalt auf 4,57; gegen Ende des Monats trat Thauwetter ein und der Kohlensäuregehalt fiel bis auf 4,27; im Februar anhaltender Frost; in der Mitte des Monats war der Gehalt an Kohlensäure 4,52; in der zweiten Hälfte des Monats trat wieder Thauwetter ein und die Kohlensäure wurde auf 3,66 reducirt. Man sieht hieraus, dass die Erhöhung der Temperatur zur Vermehrung des Kohlensäuregases beitragen muss, indem sie die Austrocknung des Bodens beschleunigt, und dass man während des Winters in den Gegenden, wo der Boden beständig gefroren ist, wahrscheinlich mehr Kohlensäure finden wird, als in nassen Wintern der gemässigten Klimate.

*) Die Versuche wurden grossentheils bei Chambesy, ¼ Stunden von Genf und 940 Meter vom See entfernt, angestellt.

Digitized by Google

den Kohlensäuregehalt der Luft vermindert, dass während des

Kohlensäuregehalt der Atmosphäre über dem Genfersee und zu Chambeisy.

Zeit der Beobachtungen.	Kohlensäure in 10000 Th. Luft zu Chambeisy.	Desgleichen über dem Genfersee.
29. December 1826, zu Mittag	4,21	3,85
22. Mai . . . . 1827 „	5,40	5,02
2. Juli . . . . „ „	5,23	5,78
9. August . . „ „	5,21	5,42
28. September „ „	4,95	4,74
19. Januar . . 1828 „	4,91	4,46
7. Juli . . . „ „	4,81	4,41
12. August . . „ „	4,08	3,92
26. „ . . „ „	4,22	4,10
26. September „ „	4,14	3,20
26. „ „ Abends 8½ Uhr	4,93	4,30
5. Februar . . 1829, zu Mittag	4,45	4,76
7. März . . . „ „	4,63	4,65
18. April . . . „ „	4,29	4,22
7. Juli . . . . „ Abends 11½ Uhr	5,34	5,1
8. „ . . . . „ zu Mittag	4,35	4,08
13. October . „ „	3,54	3,42
13. „ . „ Abends 11 Uhr	4,16	3,68
Mittelzahl	4,60	4,39

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, 1) dass die Luft über dem See im Allgemeinen weniger Kohlensäure enthält, als die Luft auf dem Lande; 2) dass diese beiden Lüfte im Mittel nahe dieselben Schwankungen erleiden, in Bezug auf die Jahreszeiten und die entgegengesetzten Wirkungen der Nacht und des Tages. — Man sieht, dass der Einfluss der Regen auf die Verminderung der Kohlensäure auf dem Lande durch eine ähnliche auf dem See zu einer trocknen Jahreszeit bestätigt wird.

Kohlensäuregehalt der Luft zu Genf und zu Chambeisy.

Zeit der Beobachtungen.	Kohlensäure in 10000 Th. Luft zu Chambeisy.	Desgleichen zu Genf.
12. Februar 1827, zu Mittag	3,58	4,55
22. Mai . . „ „	5,40	5,69
2. Juli . . „ „	5,23	5,65
26. Mai . . 1828 „	4,71	5,28
9. August „ „	4,53	4,76
28. Januar 1829 „	4,26	4,27
19. Februar „ „	4,62	4,82
26. „ „ „	4,65	5
10. April . „ „	3,90	4,45
25. Juli . . „ „	4,44	4,93
25. „ . . „ um Mitternacht	4,07	3,85
4. Septbr. „ 11 Uhr Abends	4,41	4,39
5. „ „ zu Mittag	3,82	4,20
1. October „ 11 Uhr Abends	4,14	4,23
2. „ „ zu Mittag	3,67	4,05
Mittelzahl	4,37	4,68

Digitized by Google

Winters bei trockenem Froste derselbe grösser ist als bei Thau-

---

Diese Versuche zeigen, 1) dass der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre während des Tages in der Stadt grösser ist, als auf dem Lande; 2) dass die Schwankungen dieses Gases, in Bezug auf die Jahreszeiten, auf beiden Stationen gleich sind; 3) dass die Vermehrung der Kohlensäure in der Nacht auf dem Lande grösser ist, als in der Stadt.

Von dem Kohlensäuregehalt der Atmosphäre auf den Bergen.

Namen der Berge, Zeit der Beobachtungen.	Höhe des Berges über dem Genfersee in Metern.	Kohlensäuregehalt in 10000 Th. Luft auf dem Berge.	Kohlensäuregehalt in 10000 Th. in der Ebene; zu Chambeisy.
Sommet de la Dôle; 20. Juli 1827, zu Mittag	1267	4,61	4,74, zu Mittag
Grand Salève sur Crevin; 28. Aug. „	877	5,57	4,82 „
Hermitage; 28. Aug. 1827, 3 Uhr Nachmittags	331	5,44	4,82 „
Sommet de la Dôle; 28. Juni 1828, zu Mittag	1267	4,91	4,46 „
Vasserode sous la Dôle; 28. Juni 1828, 3 Uhr Nachmittags	908	4,83	4,46 „
Grand Salève sur Grange-Tournier; 25. Mai 1829, zu Mittag	945	4,13	3,67, zu Cologne am Fuss d. Salève, zu Mittag. 3,59, zu Chamb.
Col de la Faucille auf dem Jura; 14. Juli 1829, 11 Uhr Abends	963	4,43	4,14, 11 Uhr Ab.
Col de la Faucille; 15. Juli, zu Mittag . .	963	4,54	4,15, zu Mittag
Ebendas., 7. Aug., 11 Uhr Abends . . .	963	3,69	3,87, 11 Uhr Ab.
Ebendas., 8. „ zu Mittag	963	3,60	3,22, zu Mittag
Ebendas, 29. Sept., 11 Uhr Abends . . .	963	4,22	3,55, 11 Uhr Ab.
Ebendas., 30. „ zu Mittag	963	3,95	3,15, zu Mittag.

Man sieht aus diesen Resultaten, dass der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre auf den Bergen grösser ist, als in der Ebene. Dieser Unterschied kann daraus erklärt werden: 1) dass die Zersetzung der Kohlensäure vorzugsweise in den untersten Schichten, wo die Vegetation häufiger ist, stattfindet; 2) dass dieses Gas bei weitem mehr von dem ebenen Boden absorbirt werden müsse, wo das Regenwasser einen langsameren Ablauf hat. — Die Bergluft bietet ausserdem noch ein anderes bemerkenswerthes Resultat dar, nämlich dass der Kohlensäuregehalt am Tage durch den Einfluss der Nacht wenig oder gar nicht vermehrt wird.

Einfluss des Windes auf die atmosphärische Kohlensäure während des Tages.

Kohlensäure in 10000 Th. Luft bei Windstille oder sehr schwachem Winde, zu Mittag.		Kohlensäure in 10000 Th. Luft, bei starkem Winde, zu Mittag.	
13. Juni 1828	4,75	26. Juni 1828	5,09
14. Oct. „	3,81	15. Oct. „	3,82
5. Dec. „	4,06	2. Dec. „	4,29
27. „ „	4,13	31. „ „	4,18
25. Mai 1829	3,59	31. Mai 1829	3,62

Digitized by Google

wetter, über grossen Seen geringer als über dem Lande.

Kohlensäure in 10000 Th. Luft bei Windstille oder sehr schwachem Winde, zu Mittag.		Kohlensäure in 10000 Th. Luft, bei starkem Winde, zu Mittag.	
17. Juni 1829	3,80	7. Juni 1829	4,04
30. „ „	4,39	29. „ „	4,41
8. Aug. „	3,22	19. Aug. „	3,44
31. „ „	3,30	19. „ „	3,44
5. Sept. „	3,82	15. Sept. „	3,95
19. „ „	3,37	15. „ „	3,95
13. Oct. „	3,54	26. Oct. „	3,76
2. Nov. „	3,35	26. „ „	3,76
2. „ „	3,35	29. „ „	4,04
25. „ „	3,43	17. Nov. „	3,40
24. Dec. „	3,36	26. Dec. „	4,22
30. „ „	3,66	26. „ „	4,22
	Mittelzahl 3,76		Mittelzahl 3,98

Diese Resultate zeigen, dass der tägliche Kohlensäuregehalt in der Ebene auf freiem Felde gewöhnlich durch den Einfluss des Windes vermehrt wird, dass diese Vermehrung aber zu klein ist, um anders als durch eine aus mehreren Beobachtungen gezogene Mittelzahl geschätzt werden zu können. Diese Wirkung ist übrigens auch wahrscheinlich und muss aus der Vermischung der niedern Schichten mit den obern, welche meistentheils am Tage ein grösseres Verhältniss Kohlensäure enthalten, entstehen; natürlich müssen auch seitliche Einflüsse, ob der Wind aus einer trocknen oder vom Regen überschwemmten Gegend herkommt, Anomalien bei dieser Gattung von Schwankungen besonders häufig bewirken.

Die Mischung der gleich hohen Luftschichten geht schneller vor sich, als die der obern mit den untern, weil die Luftbewegungen häufiger in horizontaler Richtung stattfinden, wie man leicht aus dem Gange der Wolken ersehen kann. Dieses ist die Ursache, warum eine solche Schwankung, wie die der Kohlensäure zwischen Nacht und Tag, auf den Bergen so wenig merklich erscheint, während sie mitten im See so beträchtlich ist, obgleich die Entfernung dieses Standorts von dem Boden, welcher das Gas aushaucht, grösser ist, als die Entfernung zwischen der Bergspitze und der Ebene. Aus derselben Ursache beträgt diese Schwankung in Genf wenig oder gar nichts; die Höhe der Häuser hindert da die seitliche Strömung der Landluft.

Unterschied am Kohlensäuregehalt der Luft am Tage und in der Nacht. In der folgenden Tabelle sind die Ausnahmen, wo nämlich bei Nacht keine Vermehrung der Kohlensäure stattfand, mit einem Sterne (*) bezeichnet; wo die Beschaffenheit des Windes nicht näher angegeben ist, da war die Luft ruhig, oder doch nur wenig bewegt.

Zeit der Beobachtung.	Kohlensäure in 10000 Th. Luft, zu Mittag.	Kohlensäure-Gas in 10000 Th. Luft, b. Nacht.
22. Mai 1827	5,4	5,72, um 11 Uhr Ab.
3. Sept. „	5,25	5,62
6. Nov. „	4,06	4,54
31. Mai 1828	4,50	4,82
13. Juni „	4,75	4,40
26. „ „	5,09*, sehr stark. W.	4,85, sehr stark. W.
1. Aug. „	4,09	5,69
26. Aug. „	4,22	4,76, 8 Uhr Ab.
26. „ „	4,22	4,69, Mitternacht.
26. u. 27. Aug. „	4,22	5,74, 3¼ Uhr Morg.

Digitized by Google

welches Letztere auch Vogel schon 1820 hinsichtlich der See

Zeit der Beobachtung.	Kohlensäure in 10000 Th. Luft, zu Mittag.	Kohlensäure-Gas in 10000 Th. Luft, b. Nacht.
14. Sept. 1828	4,22	,91, 11 Uhr Ab.
26. „ „	4,14	4,93, 8¼ Uhr Ab.
26. „ „	4,14	4,98, 11½ Uhr Ab.
26. u. 27. Sep. „	4,14	5,09, 4 Uhr Morg.
14. Oct. „	3,81*, sehr stark. W.	3,58*, 11 Uhr Ab., sehr stark. W.
22. „ „	4,20	4,49, 11 Uhr Ab.
14. Nov. „	4,16	4,51
21. „ „	3,91	4,30
5. Dec. „	4,06*	3,92*
22. „ „	4,18*	4,25*
27. „ „	4,13*	4,09*
19. Febr. 1829	3,66*	3,70*
12. März „	4,25	4,80
18. April „	4,29*	3,90*, mässiger W.
10. Mai „	3,54	4,63
12. u. 11. Juni „	3,72	4,41, Regen
12. Juni „	3,72	4,25
17. „ „	3,80	4,30, 11 Uhr Ab., mässiger W.
30. u. 29. Juni „	4,39, Regen	4,67, mässiger W., Regen
8. u. 7. Juli „	4,35	5,35
15. u. 14. „ „	4,15*	4,14*
25. Juli „	4,44*	4,07*
8. u 7. Aug. „	3,22	3,87
19. Aug. „	3,44	3,94, starker Wind
22. „ „	3,85	4,32
5. u. 4. Sept. „	3,82	4,41
15. Sept. „	3,95*, sehr stark. W.	3,21*
30. u. 29. Sp. „	3,15	3,55
2. u. 1. Oct. „	3,67	4,14
13. Oct. „	3,54	4,16
26. „ „	3,76*, starker Wind	3,77*
29. „ „	4,04*, starker Wind	3,29, starker Wind
2. Nov. „	3,35*	3,38*
17. „ „	3,40, sehr stark. W.	3,63, sehr stark. W.
25. „ „	3,43*	3,40*
3. Dec. „	3,53	3,70
7. „ „	3,50	3,73
15. „ „	3,74*	3,75*
18. „ „	4,01*	3,96*
24. „ „	3,36	3,77
30. „ „	3,66	4,02
3. Jan. 1830	3,71*	3,76*
Mittelzahl	3,98	4,32

Diesen Beobachtungen zufolge enthält demnach die Luft in der Ebene, auf freiem Felde, in der Nacht mehr Kohlensäure als am Tage. Diese Schwankung nimmt im Winter sehr ab, verschwindet oft und findet sich selten unabhängig von den Irrthümern des Verfahrens. Einige Resultate zeigen jedoch, dass sie in dieser Jahreszeit sogar dann stattfindet, wenn die Erde mit einer starken Schneelage bedeckt und die Temperatur mehrere Grade unter 0 ist. — Der grösste Theil der angeführten Versuche wurde um 11 Uhr Abends angestellt; die betreffende

Digitized by Google

luft der Ostsee bei Doberan [49]) und ebenfalls der auf dem

Schwankung war jedoch bereits um 8 Uhr sehr deutlich eingetreten: Das Maximum des Kohlensäuregehalts innerhalb 24 Stunden trifft gegen Ende der Nacht ein, und das Minimum in der Mitte des Tages. Die grösste nächtliche Zunahme stieg bis auf $\frac{1}{4}$ des täglichen Gehalts. Die beträchtlichsten oder schnellsten Veränderungen finden zwischen dem Schlusse der Nacht und den ersten Tagesstunden statt; diejenigen, welche zwischen 9 Uhr Morgens und 3 Uhr Nachmittags eintreffen, können mit den Beobachtungsfehlern zusammenfallen. Die Verdunkelung der Sonne durch die Wolken hindert nicht die nächtliche Zunahme des kohlensauren Gases; sie fand Statt sowohl zu Zeiten leichter und anhaltender Regen, als auch, wenn die Erde in Folge von langwierigen Regen ganz mit Wasser getränkt war; die Zunahme fällt nur unter diesen Umständen etwas geringer aus. Wenn gleich diese Schwankung auch stattfindet, wenn kein Thau eintritt, so wurden doch die bedeutendsten Zunahmen der Kohlensäure zur Zeit des häufigsten Thaues und wenn die Tageshitze am meisten mit der Kühle der Nacht contrastirte, bemerkt. — Eine lebhafte Bewegung der Luft vermindert die in Rede stehende Schwankung, oder macht sie wohl auch ganz verschwinden. Dieser Erfolg, welcher wahrscheinlich von der Vermischung der obern Luftschichten mit den niedern abhängt, zeigt, dass Schwankung in einer grossen Höhe nicht stattfindet.

Die Ursache dieser Schwankungen in dem Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft beruht hauptsächlich auf den Einflüssen der Vegetation, der Temperatur und der Trockenheit des Bodens; dennoch scheinen diese Einflüsse, nach de Saussure's Beobachtungen, nicht zulänglich, um einige Schwankungen der Kohlensäure auf offenem Felde zu erklären; dagegen kann diese Erklärung auf eine genügende Weise gegeben werden, wenn man diesen Einflüssen noch jenen der *atmosphärischen Elektricität* hinzufügt; vergleicht man jedoch den bekannten und allgemeinen Gang der atmosphärischen Elektricität mit den Schwankungen der Kohlensäure, so kann man sich in der That kaum der Verwunderung über das Zusammentreffen dieser beiden Erscheinungen erwehren, und man wird zu der Annahme geleitet, dass die *Menge dieses Gases in freiem Felde sich im umgekehrten Verhältnisse mit dieser Elektricität befindet*, mit Ausnahme derjenigen Fälle, wo die Verminderung der Kohlensäure augenscheinlich von der Absorption derselben durch das Wasser herrührt. Um diese Annäherung herzustellen, genügt es, folgende Beobachtungen, welche sich auf einen klaren Himmel beziehen, anzuführen: 1) die atmosphärische Elektricität ist stärker am Tage als bei Nacht; 2) die Elektricität ist stärker im Winter als im Sommer; 3) man findet die Elektricität bei weitem seltener in den Sommernächten als in den Winternächten; 4) die Elektricität ist auf den Bergen geringer als in den Thälern; 5) die heftigen Winde vermindern gewöhnlich die Intensität der atmosphärischen Elektricität.

Zur Erklärung dieses Einflusses der Luftelektricität führt de Saussure folgenden Versuch an: Wenn man Wasserstoff mit vollkommen kohlensäurefreier Luft verpufft, so erhält man immer etwas Kohlensäure, und zwar auf 2000 Th. Luft noch *einen* Theil oder 0,94 von dieser Säure. Aus diesem oftmals wiederholten Versuche schliesst er, dass die Luft eine kohlenstoffhaltige Gasart enthalte, und diese wäre wahrscheinlich Kohlenoxydgas, welches sich bekanntlich in Folge der zersetzenden Wirkung des elektrischen Funkens aus der Kohlensäure bilden könne, und nimmt an, dass es wohl denkbar sei, dass die in der Luft schwebenden unbemerkbaren Theilchen bei trockner Witterung durch ihr Zusammenstossen elektrisch leuchtende Erscheinungen hervorbringen und so das Kohlensäuregas in Sauerstoff und Kohlenoxydgas zerlegen könnten.

[49]) *Vorläufige Nachricht über die Natur der Seeluft*, von A. Vogel; Gilb. Ann. LXVI. 93—99.

Digitized by Google

Canal [50]), 2 Lieues von Dieppe, gefunden hatte; in den Städten fand Saussure den Kohlensäuregehalt etwas grösser als auf dem Lande, auf hohen Bergen gleichfalls grösser als auf dem flachen Lande, und auf den Bergen ziemlich constant bei Nacht wie bei Tag, während er in der Ebene variirte, so dass der Gehalt in der Nacht grösser wäre als am Tage; starke Winde und Stürme bewirken meistens eine Zunahme des Kohlensäuregehaltes, indem sie die kohlensäurehaltigere Luft der höhern Regionen mit der der untern vermischen und zugleich den Unterschied in dem Gehalt während der Nacht und des Tages fast aufheben. Als Mittelzahl aus allen seinen Analysen fand Saussure, dass in 10000 Theilen atmosphärischer Luft 4,15 Theile Kohlensäuregas enthalten seien; 5,74 war das Maximum und 3,15 das Minimum in der Nähe seines Landguts bei Genf; die Durchschnittszahl von 5 Zehntausendtheilen wurde von Brunner [51]) durch directe Versuche bestätigt gefunden. Die Hauptursache der Schwankungen in dem Kohlensäuregehalte der atmosphärischen Luft schreibt Saussure allerdings den Einflüssen der Vegetation, der Temperatur und der Trockenheit des Bodens zu, glaubt aber, dass dies nicht genügend sei, um einige Erscheinungen, namentlich die Verminderung der Kohlensäure auf offenem Felde, zu erklären; er hält es für wahrscheinlich, dass die atmosphärische Elektricität hiermit in Verbindung stehe, in der Art, dass die Menge der Kohlensäure im freien Felde sich im umgekehrten Verhältnisse mit dieser Elektricität befinde, mit Ausnahme derjenigen Fälle, wo die Verminderung der Kohlensäure augenscheinlich von der Absorption derselben durch das Wasser herrührt; die Elektricität nämlich zerlege die Kohlensäure in Sauerstoff und Kohlenoxydgas, welches letztere wahrscheinlich in der Atmosphäre vorhanden sei, wie man denn auch eine kohlenstoffhaltige Substanz durch den Versuch in der Atmosphäre nachweisen könne.

Später fand auch Watson [52]) die Luft in der Stadt Bolton

---

[50]) *Versuche und Bemerkungen über die Bestandtheile der Seeluft*, von A. Vogel; Gilb. Ann. LXXII. 277—288. 1822.

[51]) Brunner; Pogg. Annalen, XXIV. S. 569; Ann. de Ch. et de Ph. LXXVIII. 305.

[52]) *Ueber die Menge der Kohlensäure in der atmosphärischen Luft*, von Henry Hough Watson (a. d. Report of the 4th. meet. of the brit. assoc. p. 583), J. f. pr. Ch. VI. 75—78. — Der Verfasser fand in der Luft der Stadt Bolton in zahlreichen Versuchen im Mittel 5,300 Th. Kohlensäure in 10000 Th. Luft und dieselbe kohlensäurereicher als die Landluft und die Luft der Berge, in welchen beiden der Gehalt an Kohlensäure in 12 Versuchen zwischen 3,614 und 4,739 Raumtheilen schwankte und im Mittel = 4,135 gefunden wurde, also mit de Saussure's Versuchen sehr gut übereinstimmte. Die bemerkten Verschiedenheiten in dem Kohlensäuregehalt der Atmosphäre schreibt der Verfasser jedoch nicht der Verschiedenheit der Jahreszeiten und dem trocknen oder feuchten Wetter (in welcher Hinsicht seine Versuche keine Uebereinstimmung zeigten) zu, sondern vielmehr den bei den Ver-

Digitized by Google

kohlensäurereicher als die Landluft und die Bergluft, in der erstern nämlich 5,300, in der letztern 3,614 bis 4,737 Zehntausendtheile, also in Uebereinstimmung mit Saussure und mit Boussingault [53]), der in der Luft von Lyon 0,00046 ihres Volums Kohlensäure nachwies; Watson glaubt aber, dass diese Differenzen keinen besondern, in der Natur selbst begründeten Ursachen, sondern vielmehr Beobachtungsfehlern zuzuschreiben wären. Dass aber in der That Schwankungen in dem Kohlensäuregehalte der atmosphärischen Luft stattfinden, scheint in neuester Zeit auf eine auffallende Weise durch Levy's Analysen der Luft von Guadeloupe bestätigt worden zu sein [54]). Sieben Analysen haben nämlich die bedeutenden Schwankungen zwischen 22,2 und 0,4 Zehntausendtheilen ergeben, welche bedeutende Differenzen vielleicht mit der vulkanischen Beschaffenheit der Insel im Zusammenhang stehen mögen. Keineswegs sind aber die von Saussure aus seinen Untersuchungen abgeleiteten Folgerungen in dem Maasse zum Gegenstande fernerer Studien gemacht worden, wie sie es allerdings zu verdienen scheinen; denn wenn auch diese Schwankungen von so geringer Bedeutung sind, dass sie auf den thierischen Organismus keinen Einfluss ausüben, so muss man doch mit Saussure bedenken, dass die Erforschung ihrer Ursachen und Gesetze der Meteorologie wichtige Aufschlüsse verschaffen kann, dass die Menge der Kohlensäure mit der Entwickelung und Ernährung des Pflanzenreichs in der engsten Verbindung steht, dass ferner die Verhältnisse der Kohlensäure in genauer Beziehung mit der Natur des Bodens, seinem Feuchtigkeitszustand und daher auch mit der Gesundheit des Klima's stehen, dass endlich diese in der Atmosphäre beobachtete Schwankung selbst im Allgemeinen Regelmässigkeit darbietet; und aus diesen Gründen wird man den angeführten Untersuchungen eine Bedeutung zuerkennen müssen, von welcher man früher keine Ahnung hatte [55]).

---

suchen nothwendig entstehenden Irrthümern. Die Zahl der von Watson ausgeführten Versuche ist jedoch viel zu gering, als dass in Folge derselben die von Saussure erhaltenen Resultate als falsch angesehen werden sollten.

[53]) *Untersuchung über die Zusammensetzung der Atmosphäre*; 2. Abhandlung, von Boussingault (l'Institut, No. 121. p. 283), Pogg. Ann. XXXVI. 456—58. 1835.

[54]) Levy, s. oben Anmerk. 38.

[55]) *Die Untersuchungen über die Veränderung der Luft und namentlich des Kohlensäuregehaltes derselben in eingeschlossenen Räumen*, in welchen zahlreiche Menschen oder Thiere befindlich sind, in Bergwerken u. s. w., können hier nicht mitgetheilt werden, da dieselben mehr dem Gebiete der Thierphysiologie angehören; von der Einwirkung der Vegetabilien auf die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft werden wir noch später in diesem Werke zu sprechen Gelegenheit haben.

Digitized by Google

II. Bestandtheile, deren Gegenwart zufällig zu sein scheint und die nur in sehr geringer Menge auftreten.

A. Kohlenwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Pyrrhin u. s. w.

Bei der Fäulniss vegetabilischer Stoffe, namentlich in sumpfigen Gegenden, entwickelt sich Wasserstoffgas oder Kohlenwasserstoffgas; es muss dieses sich in der Atmosphäre verbreiten und einen mehr oder weniger veränderlichen Bestandtheil derselben ausmachen. Schon im Jahre 1804 untersuchten Humboldt und Gay-Lussac[56]) die atmosphärische Luft auf Wasserstoffgas, überzeugten sich aber, dass dieselbe entweder gar keins oder doch gewiss keine 3 Tausendtheile enthalte, da sie eine solche Menge mittelst des von ihnen angewendeten Volta'schen Eudiometers noch hätten entdecken können. Saussure[57]) fand, dass, wenn man vollkommen kohlensäurefreie Luft mit Wasserstoffgas im Eudiometer verpufft, man immer nachher etwas neu gebildete Kohlensäure vorfindet, welche er der Menge nach auf nahe einen Theil, oder 0,94 von 2000 Theilen Luft festsetzt. Er hält diese kohlenstoffhaltige Substanz für Kohlenoxydgas, welches sich, seiner Theorie über die zuweilen beobachtete Abnahme der Kohlensäure zufolge, unter Einfluss der atmosphärischen Elektricität durch Zersetzung der Kohlensäure gebildet haben soll. Hatte einerseits Saussure es sehr wahrscheinlich gemacht, dass die Luft eine geringe Menge eines kohlenstoffhaltigen Körpers beigemengt enthalte, so wies auf der andern Seite Boussingault die Gegenwart von Wasserstoff in der Luft nach[58]). Nachdem er die ge-

---

[56]) Humboldt und Gay-Lussac; Gilb. Ann. XX. 38—92. „Und doch lässt sich nicht zweifeln, dass in der atmosphärischen Luft etwas Wasserstoff sich befindet, da es sich alle Tage aus den Morästen entwickelt; die Menge desselben muss aber geringer sein (z. B. nur ein Tausendtel), als dass wir sie durch unsere Mittel zu entdecken vermögen." —

[57]) Saussure, s. gegen Schluss der Anmerk. 47.

[58]) *Ueber die Zusammensetzung der Atmosphäre, die Möglichkeit, die Existenz von Miasmen darin nachzuweisen, und über das Vorhandensein eines stickstoffhaltigen Princips in der Luft*, von Boussingault (Instit. 2. Ann. No. 67), J. f. pr. Ch. III. 151—161. 1834. — Eine bestimmte Quantität Luft wurde, nachdem sie vollkommen getrocknet war, durch ein glühendes, mit frisch calcinirten Kupferdrehspänen gefülltes Rohr geleitet; das gebildete Wasser gewogen. Es wurden im Juli 1830 mit ungesunder trockner Luft Versuche angestellt; 305 bis 310 Grammen Luft gaben zu wiederholten Malen 0,030 Grammen Wasser, was 0,005 Wasserstoff entspricht. Bei diesen Versuchen gelangte die ungesunde Luft direct in die rothglühende Glasröhre, nachdem sie durch eine lange, mit Chlorcalciumstückchen gefüllte Röhre ge-

Digitized by Google

wöhnlich in der Luft schwebenden organischen Körperchen dadurch, dass er die zu untersuchende Luft durch Schwefelsäure leitete, zerstört hatte, fand er zu Paris in einem Volumtheile Luft 0,00003

---

leitet worden war. Liess man aber diese Luft, bevor sie in die erhitzte Röhre kam, durch etwas Schwefelsäure streichen, überhaupt, wenn man sie zuerst wusch, so erhielt man nur geringe Spuren von Wasser; die organische Materie blieb in der Flüssigkeit zurück*). — Es war jedoch von Interesse, zu bestimmen, ob in der Luft, die wir einathmen, wohl Wasserstoffgas enthalten sei? Die Versuche, deren Resultate im Folgenden mitgetheilt sind und die zum Zweck hatten, die Existenz des Wasserstoffs in der Atmosphäre nachzuweisen, wurden zu Paris angestellt. Alle Miasmen und organische Stäubchen in der Luft wurden durch mit concentrirter Schwefelsäure getränkten Asbest vorher absorbirt:

Datum der Versuche.	*Gehalt an Wasserstoff eines Antheils Luft.*	
	In Gewichtstheilen:	In Raumtheilen:
2. und 3. April 1834.	— 0,000008	— 0,00013
4. „ 5. „ „	— 0,000007	— 0,00012
8. „ 9. „ „	— 0,000006	— 0,00010
11. . . . „ „	— 0,000003	— 0,00005
23. . . . „ „	— 0,000002	— 0,00004
24. . . . „ „	— 0,000004	— 0,00007
25. . . . „ „	— 0,000007	— 0,00011
26. . . . „ „	— 0,0000002	— 0,00003
28. . . . „ „	— 0,000005	— 0,00008
29. . . . Mai „	— 0,000004	— 0,00006
31. . . . „ „	— 0,000003	— 0,00005

„Hieraus ergiebt sich also die Existenz eines wasserstoffhaltigen Princips in der Atmosphäre. Man kann jedoch die Frage aufwerfen, ob dieses Princip reiner Wasserstoff sei, oder ob es aus Kohlenwasserstoff oder aus Schwefelwasserstoff bestehe. Es ist nicht wahrscheinlich, dass es ganz aus reinem Wasserstoff bestehe, sondern eher aus Kohlenwasserstoff. Dieses nämlich bildet sich jedesmal bei der Zersetzung der vegetabilischen Substanzen, es entwickelt sich aus allen Morästen; ferner bildet sich dieses Gas noch in grosser Menge unter andern geologischen Bedingungen, welche bis jetzt aber zu wenig untersucht sind. Zahlreiche Quellen seiner Bildung sieht man in gewissen Erdreichen, die zwar von ganz verschiedener Natur sind, aber sich immer zwischen dem Uebergangsgebirge und den jüngsten tertiären Ablagerungen befinden. — De Saussure hat durch seine Untersuchungen das Daseln einer brennbaren Gasart, deren Basis Kohlenstoff ist, bestätigt gefunden; meinerseits glaube ich bewiesen zu haben, dass die Luft eine sehr geringe Quantität eines sauerstoffhaltigen Princips enthält. Es ist also ganz natürlich, durch Combination dieser beiden Resultate anzunehmen, dass die atmosphärische Luft eine kleine Menge Kohlenwasserstoff enthält. Jedenfalls ist diese Menge immer sehr klein. Wirklich würde, wenn sie über gewisse Gränzen hinausginge, die Elektricität hinreichen, um dieses Gas vollständig zu verbrennen, oder wenigstens um dessen Menge bedeutend zu verringern. In Europa, wo die Gewitter selten sind, wird man dieses Verbrennen schwer begreifen können, hingegen unter dem Aequator erscheint es ganz offenbar, denn daselbst gehen das ganze Jahr, jeden Tag die elektrischen Entladungen in der Atmosphäre

---

*) Diese Versuche machen es sehr wahrscheinlich, dass die Miasmen, welche sich in den morastigen Ländern bilden, aus einer flockigen Substanz bestehen.

Digitized by Google

bis 0,00013 Wasserstoff und später zu Lyon[59]) 0,00018 bis 0,0003. Boussingault hält es mit Recht für wahrscheinlich, dass dieser Wasserstoff nicht als solcher im freien Zustande in der Luft vorhanden sei, sondern als Kohlenwasserstoff; denn dieser entwickelt sich fortwährend aus Sümpfen und Morästen und wird in grosser Menge in vielen Gegenden von der Erde ausgehaucht. Auch fand Boussingault ebenso wie Saussure in der kohlensäurefreien Luft noch einen geringen Gehalt an Kohlenstoff, welchen er für die von ihm untersuchte Luft zu Lyon auf 0,00012 ihres Gewichtes bestimmte; es würde folglich diese Luft, wenn diese Kohle in derselben als Kohlenwasserstoff zugegen war, dem Volumen nach 0,0022 dieses letztern Gases enthalten haben. Es scheint also in der That, dass die atmosphärische Luft variirende, höchst geringe Mengen von Kohlenwasserstoff enthält, deren Quantität in ungesunden, morastigen Gegenden, nach den Untersuchungen von Boussingault in Amerika, sich bedeutend vermehren kann.

Es ist klar, dass man an gewissen Stellen, wo locale Exhalationen von Gasarten oder die Bildung der letztern durch Zersetzung und Zerstörung Statt hat, Spuren dieser Gase in der atmosphärischen Luft wiederfinden wird; sie sind aber nur über sehr beschränkte Räume in bemerkbarer Weise verbreitet und ihr Dasein ist von so geringer Bedeutung für die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft, dass die Untersuchungen über deren Gegenwart und Menge hier keine Erwähnung verdienen. Nur kurz wollen wir einige wirkliche oder vermeintliche Bestandtheile der Seeluft anführen, die eine Zeitlang die Aufmerksamkeit der Chemiker in Anspruch genommen haben. Im Jahre 1820 theilte Vogel einige Notizen mit[60]), in welchen er als Resultat seiner Untersuchungen über die Luft der Ostsee bei Doberan aufstellte, dass die letztere weniger Kohlensäure enthielte als die Landluft und ausserdem mit mehr oder weniger salzsauren Salzen beladen sei. Hermbstädt[61]) untersuchte 1821 die Seeluft, die ebenfalls

ununterbrochen fort, in dem Maasse, dass ein Beobachter, der ein sehr feines Gehör hätte, beständig das Getöse des Donners hören könnte. — Da die Verbrennungsproducte des Kohlenwasserstoffgases Wasser und Kohlensäure sind, so ersieht man bestimmt bei den Quellen von brennbaren Gasarten, sowie bei den Vulkanen das Bestreben, die Menge der atmosphärischen Kohlensäure zu vermehren".

[59]) *Untersuchung über die Zusammensetzung der Atmosphäre*, von Boussingault, 2. Abhandlung (l'Instit. No. 121. p. 283), Pogg. Ann. XXXVI. 456—58. Der Versuch zur Bestimmung des Kohlenstoffgehaltes der atmosphärischen Luft zu Lyon wurde bei schönem Wetter und ruhiger Luft angestellt.

[60]) *Vorläufige Nachricht über die Natur der Seeluft*, von A. Vogel; Gilb. Ann. LXVI. 93—99.

[61]) *Beobachtungen über die Atmosphäre und das Wasser der Ostsee*, von Hermbstädt; Schweigg. Journ. XXXII. 281—291. „Das Dasein jener färbenden Materie in der Seeluft, worin sie auch bestehen mag, bleibt auf jeden Fall überaus merkwürdig, indem sein

Digitized by Google

nicht weit von Doberan war aufgefangen worden, und fand in derselben ausser der Kohlensäure eine andre luftbeständige Säure und ausserdem eine die Silbersolution rothfärbende Substanz, lässt uns aber über die Natur jener Säure wie dieses färbenden Körpers in Ungewissheit, indem er nur hinzufügt, dass dieser letztere vielleicht Phosphorwasserstoff oder Schwefelwasserstoff sei, welche durch die Fäulniss der Seethiere und Seegewächse sich gebildet haben könnten. Die Gegenwart dieser Gase in der Luft der See und namentlich der Küsten ist jetzt eine bekannte Erscheinung und giebt sich im Sommer, wenn das an dem Strande aufgeworfene Seegras, sowie die todten Fische in Fäulniss übergehen, durch einen oftmals unerträglichen Geruch zu erkennen [62]). Vogel wiederholte seine Versuche mit Seeluft 1822 im Canal bei Dieppe [63]) und fand auch hier, dass dieselbe mit salzsauren Salzen geschwängert sei, dass aber das von Hermbstädt gefundene färbende Princip weder dem Seewasser noch der Seeluft eigenthümlich, sondern dass dieselbe Reaction bei jedem nicht destillirten Wasser zu bemerken sei und dass dieses wahrscheinlich in dem Vorhandensein von salzsauren Salzen oder (in Hermbstädt's Versuche mit Luft, in welcher Seewasser destillirt worden war) in der Gegenwart einer kleinen Menge freier Salzsäure, die sich bei der Siedehitze des Wassers aus der salzsauren Talkerde zu entwickeln pflege, seinen Grund habe, worauf bereits früher Pfaff [64]) schon aufmerksam gemacht hatte. Auch Krüger [65]) zu Rostock bestätigte, dass fast alle

---

Einfluss auf diejenigen, welche lange auf dem Meere leben, sowie diejenigen, welche natürliche Seebäder gebrauchen, in therapeutischer Hinsicht nicht zu verkennen ist."

[62]) *Ueber den Einfluss der Fucus-artigen Pflanzen auf die Formationen der Erde*, von Forchhammer; J. f. pr. Ch. XXXVI. 385 ff. — „Wer jemals die an der Küste aufgeworfenen Haufen von Seegras bemerkt hat, der wird auch den Geruch von Schwefelwasserstoff verspürt haben, der sich aus den Schwefelalkalien durch die Berührung mit der Kohlensäure des sich zersetzenden Seegrases und der atmosphärischen Luft entwickelt. In der Nähe von Kopenhagen ist die Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas aus dem Seegrase oft so bedeutend, dass das Silber in den der Küste nahe gelegenen Landhäusern beständig durch die Wirkung dieses Gases geschwärzt wird." —

[63]) *Versuche und Bemerkungen über die Bestandtheile der Seeluft*, von A. Vogel; Gilb. Ann. LXXII. 277—288.

[64]) *Das Kieler Seebad, dargestellt und verglichen mit andern Seebädern an der Ost- und Nord-See*, von C. H. Pfaff, Kiel 1822; Auszug in Schweigg. Journ. XXXV. 396 und 397.

[65]) *Ueber das färbende Princip in der Atmosphäre der Ostseeluft*, von Krüger zu Rostock; Schweigg. XXXV. 379—395. 1822. Krüger fand die Erscheinung, welche sich Hermbstädt darbot, dass die Seeluft beim Nordwinde das Lakmuspapier röthete, nicht bestätigt; dagegen fand er wohl, dass beim Nordwinde das Kalk- und Barytwasser nicht getrübt wurde; beim Südwinde aber und bei andern über Land herziehenden Winden wurden diese Reagentien mehr oder weniger getrübt. — Er glaubte ferner aus seinen Versuchen und Beobachtungen

Digitized by Google

salzsauren Salze in geringer Menge mit den Wasserdämpfen sich verflüchtigten, glaubte aber aus seinen Versuchen schliessen zu können, dass das färbende Princip der Seeluft entweder reines Wasserstoffgas oder eine Verbindung desselben mit einem andern elastischen Stoffe sei; Vogel jedoch wies nach, dass zum Rothfärben des salpetersauren Silbers weder Landluft, noch Seeluft, noch Wasserstoffgas nothwendig sind, indem die mit gewöhnlichem Wasser gemengte Silberauflösung, der Sonne ausgesetzt, in verschlossenen Gefässen ebenso gut roth wird als in Berührung mit der Luft oder mit Wasserstoffgas; und später [66]) bemerkte Vogel ferner, dass diese Färbung der Silberlösung keinem bestimmten unorganischen oder organischen Stoffe, wie dies Zimmermann behauptet hatte, der demselben den Namen *Pyrrhin* beilegte, zuzuschreiben sei, sondern dass eine grosse Menge organischer Körper eine gleiche Wirkung auf dieses Reagens ausüben; eine Beobachtung, die gleichfalls von Roubaudi [67]) bestätigt wurde, der ausserdem noch aus seinen Untersuchungen der atmosphärischen Luft an den Küsten des mittelländischen Meeres schloss, dass die Luft bei ruhigem Wetter niemals Chlorverbindungen enthalte, dass sie aber nach einem heftigen Sturme eine geringe Menge derselben einschliessen könne.

B. Miasmen oder organische fein zertheilte Körperchen in der atmosphärischen Luft.

Die Miasmen bilden sich in Folge der Fäulniss von organischen, thierischen und vegetabilischen Substanzen, und wo sie in

---

folgende Schlüsse ziehen zu können: 1) dass das färbende Princip der Seeluft entweder reines Wasserstoffgas oder die Verbindung desselben mit einem andern Stoffe, nicht aber mit Phosphor oder Schwefel sei; dass das Wasserstoffgas in dieser Verbindung aber prädominire; 2) dass das Wasserstoffgas dieselbe färbende Wirkung auf das Silber äussere, wie die Luft aus einer gewissen Höhe der See; 3) dass das färbende Princip der Seeluft sowohl, als die Wirkung des Wasserstoffgases, auf das salpetersaure Silber, eine gelblichbraune Farbe hervorbringt; 4) dass die färbende Wirkung des Wasserstoffgases durch die Beimischung des Sauerstoffgases, wenn letzteres in einem gewissen Maximo zugesetzt war, nüancirt und in's Röthlichviolette geändert wird; 5) dass endlich das Resultat dieser Erscheinung eine Verbindung des Wasserstoffs mit dem Metalle sein dürfte.

[66]) *Ueber die zufälligen Bestandtheile in der Atmosphäre*, von A. Vogel; J. f. p. Ch. IV. 239—242.

[67]) *Ueber die Nicht-Existenz von Chloralkalien oder Chlorwasserstoffsäure in der Atmosphäre über dem Meere oder an den Küsten*, von Roubaudi; Journ. de Pharm. XIX. 569—574. 1833 und XXI. 141—143. 1835. — Roubaudi führt an, dass vollkommen reines, vorsichtig in Glasgefässen destillirtes Wasser unter dem Einfluss der Sonnenstrahlen vom sapetersauren Silberoxyd nicht gefärbt werde, dass dieses aber der Fall sei bei Gegenwart einer unendlich geringen Menge von organischen Substanzen; das salpetersaure Silberoxyd sei deshalb das sicherste Mittel, um die Reinheit des destillirten Wassers zu prüfen.

Digitized by Google

grösserer Menge sich ansammeln, wirken sie zerstörend ein auf den Organismus von Menschen und Thieren; dieses ist besonders der Fall, wo grosse Sümpfe und Moräste unter dem Einfluss von Feuchtigkeit und der brennenden Sonnenstrahlen ihre schädlichen Dünste aushauchen, wie dies schon seit den ältesten Zeiten von einem Theile der Umgegend von Rom bekannt ist, und man weiss ebenfalls, dass viele Niederungen Amerika's während der heissen Jahreszeit selbst für die Eingebornen so ungesund sind, dass der grössere Theil der Bewohner sich aus denselben zu entfernen genöthigt ist. Es ist hier nicht die Rede von gewissen Gasen, welche zuweilen, sei es in Folge von Fäulniss organischer Substanzen oder aus dem Innern der Erde, in solcher Menge sich entwickeln, dass sie die Atmosphäre zum Athmen untauglich machen oder doch wenigstens der Gesundheit der Menschen schädlich werden, wie z. B. Kohlensäure und Schwefelwasserstoff, von welchem letztern Thénard und Dupuytren nachgewiesen haben, dass schon $\frac{1}{2000}$, in der atmosphärischen Luft verbreitet, hinreicht, um einen Hund zu tödten [68]); wir sprechen hier nur von den eigentlichen Miasmen, oder sehr fein zertheilten organischen Stäubchen, welche meistens von Ammoniak begleitet und vielleicht aufgelöst oftmals in der Luft schon durch ihren unausstehlichen Geruch sich zu erkennen geben und, wie sie selbst Producte der Zersetzung, noch in der Zersetzung begriffene Körper sind, nach Liebig [69]), dadurch für den thierischen und namentlich den menschlichen Organismus verderblich werden, dass sie diesen Zustand der Zerstörung dem Blute, mit welchem sie eine Verbindung eingehen, mitzutheilen im Stande sind.

---

[68]) *Ueber die Aria cattiva*, von v. Minutoli; J. f. pr. Ch. VI. S. 160.

[69]) *Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*, von Just. Liebig; 5. Aufl. S. 495 ff. „Ist die in Zersetzung begriffene Materie Product einer Krankheit, so heisst sie *Contagium*, ist sie das Product von Fäulniss und Verwesung thierischer und vegetabilischer Substanzen, wirkt sie durch ihren chemischen Charakter (also nicht durch ihren Zustand), indem sie eine Verbindung eingeht oder eine Zersetzung veranlasst, so heisst sie *Miasma*. Ein gasförmiges Contagium ist ein Miasma, was aus dem lebenden Blute stammt und fähig ist, im lebenden Blute sich wieder zu erzeugen; ein Miasma bewirkt Krankheit, ohne sich zu reproduciren. Alle Beobachtungen, die man über gasförmige Contagien gemacht hat, beweisen, dass sie ebenfalls Materien sind, die sich in einem Zustande der Zersetzung befinden. Auf Gefässe, die mit Eis angefüllt sind, schlägt sich an der Aussenseite aus der Luft, welche gasförmige Contagien enthält, Wasser nieder, welches gewisse Mengen darin gelöst enthält. Dieses Wasser ändert seinen Zustand in jedem Zeitmomente, es trübt sich und geht, wie man gewöhnlich sagt, in Fäulniss über, oder, was ohne Zweifel richtiger ist, der Zustand der Zersetzung, in dem sich der gelöste Ansteckungsstoff befindet, vollendet sich im Wasser. Alle Gase, die sich aus faulenden thierischen und vegetabilischen Materien, die sich in Krankheitsprocessen entwickeln, besitzen gewöhnlich einen eigenthümlich widrigen, unange-

Digitized by Google

Moscati[70]) (1795) und nach ihm Brocchi[71]) (1810) und Rigaud de l'Isle[72]) (1816) waren die Ersten, welche in der

---

nehmen oder stinkenden Geruch, der in den meisten Fällen das Vorhandensein einer Materie beweist, die sich im Zustande der Zerstörung, d. h. einer chemischen Action befindet. — So verhält es sich denn mit allen gasförmigen Contagien; sie sind mehrentheils begleitet von Ammoniak, was man in vielen Fällen als den Vermittler der Gasform des Contagiums betrachten kann, sowie es der Vermittler ist des Geruches von zahllosen Substanzen, die an und für sich nur wenig flüchtig, von vielen, die geruchlos sind. (Robiquet in den Ann. de chim. et de phys. XV. 27.) Das Ammoniak ist der Begleiter der meisten Krankheitszustände; es fehlt nie bei denen, in welchen sich Contagien erzeugen; es ist ein nie fehlendes Product aller im Zustande der Zersetzung sich befindenden thierischen Stoffe. In allen Krankenzimmern, vorzüglich bei ansteckenden Krankheiten, lässt sich die Gegenwart des Ammoniaks nachweisen; die durch Eis verdichtete Feuchtigkeit der Luft, welche das flüchtige Contagium enthält, bringt in Sublimatlösung einen weissen Niederschlag hervor, grade wie dies durch Ammoniakauflösung geschieht. Das Ammoniaksalz, welches man aus dem Regenwasser nach Zusatz von Säuren und Verdampfen erhält, entwickelt, wenn man durch Kalk das gebundene Ammoniak wieder austreibt, den unverkennbarsten Leichengeruch oder den Geruch, der den Miststätten eigenthümlich ist."

[70]) *Compendio di Cognizioni veterinarie.* Milano 1795. p. 81. Vergl.: *Flüchtige Bemerkungen über die Malaria und eine Pathologia animata*, von Heusinger; J. f. pr. Ch. VIII. 484—487. Er wies einen organischen Schleim nach in der Sumpfluft der Lombardischen Reisfelder und schrieb dem Einfluss dieses Schleimes die Entstehung der Sumpffieber bei Menschen und Thieren zu.

[71]) Heusinger a. a. O. — Die Untersuchungen von Brocchi, deren der Graf Tournon, welcher 1810—1814 französischer Präfect in Rom war, schon erwähnt (Etudes statistiques sur Rome t. I. p. 200), wurden vom Verf. zuerst in der Biblioteca Italiena 1818 bekannt gemacht und finden sich sehr erweitert in dessen classischen Schrift: Dello stato fisico del suolo di Roma. Roma 1820. p. 215.

[72]) Heusinger a. a. O. — Die Versuche von Rigaud de l'Isle siehe in Bibliothèque universelle, 1816 Mai. Es heisst ferner in dem Aufsatze von Heusinger: „Nach diesen Versuchen wird man ganz geneigt sein, die erwähnte Ansicht zu theilen und nicht an eine schädliche Einwirkung verschiedener, von den Sümpfen allerdings entwickelter Gase zu glauben, deren Gegenwart in der Atmosphäre nicht constatirt werden konnte. Dann wird man freilich auch auf den Gedanken an ponderable und palpable organische Miasmen geführt. So glaubt denn z. B. Prout bei dem Ausbruche der Cholera in London 1832 plötzlich eine Zunahme des Gewichts der atmosphärischen Luft bemerkt zu haben, mit deren Untersuchung er sich mehrere Jahre lang beschäftigt hatte, und er knüpft daran lesenswerthe Bemerkungen über die Entstehung von Epidemien, besonders nach auffallenden allgemeinen Naturerscheinungen, z. B. Erdbeben u. s. w. (W. Prout, Chemistry, Meteorology u. s. w. London 1834. p. 352.) — Man vergleicht unwillkührlich die Wirkung der Miasmen mit der kleiner parasitischer Pilze auf den Nahrungsmitteln auf das Leben der Menschen und Thiere. (Ausser bekannten Schriften in Beziehung auf den Menschen s. Numan et Marchand: sur les propriétés nuisibles des fourages. Groningue 1830; und vorzüglich mehrere ältere und neuere Schriften über *eine höchst merkwürdige* Krankheit der Seidenraupen, wenn diese mit Maulbeerblättern gefüttert werden, die zu dicht an sumpfigen Orten wachsen, wo die Entstehung von Parasiten begünstigt wird.) Wenn man denn

Digitized by Google

aus der Aria cattiva (Malaria, böse Luft) Italiens condensirten Feuchtigkeit die Gegenwart organischer stickstoffhaltiger Substanzen nachwiesen, welche sich als kleine Flocken in der Flüssigkeit zeigten und sehr bald die gänzliche Fäulniss der letztern bewirkten. Im Jahre 1819 bemerkte Boussingault[73]), dass Schwefelsäure in der Nähe einer Lache, wo man Hanf röstete, weit schneller geschwärzt wurde, als wenn dieselbe in einiger Entfernung von diesem Orte der freien Luft ausgesetzt wurde, und 1829 fand er in Amerika, in der Gegend von Carthago, dass in den dortigen ungesunden Gegenden die Miasmen als flockige Substanzen aus der condensirten Feuchtigkeit der Luft sich abscheiden. Dasselbe wurde von Julia de Fontenelle bestätigt[74]), welcher den Thau der Moräste von Cercle, im Departement de l'Aude, einer nähern Untersuchung unterwarf. Die Quantität jener flockigen Substanz in der Luft konnte nicht direct ermittelt werden; dagegen versuchte Boussingault, in der Voraussetzung, dass das Miasma, wie jeder organische Körper, unter seinen Elementen Wasserstoff enthalte, nicht allein die Gegenwart dieses Miasma's nachzuweisen, sondern es auch gewissermaassen quantitativ zu bestimmen, indem er nämlich die Menge des in der Luft enthaltenen Wasserstoffs ermittelte. Im Laufe des Monats Juli 1830 fand er auf diese Weise 0,005 Wasserstoff oder 0,050 Grammen Wasser aus 305 bis 310 Grammen Luft[75]). Dieses Wasser enthält

---

auch nicht die Cholerathierchen à la Hahnemann aus der Luft greift und an dem Funde Andrer grossen Zweifel hegt (Le Moout Experiences chimico-microscopiques sur le Miasme du Choléra. Paris 1833), so findet man es doch ganz verzeihlich, wenn man mit dem Mikroskop nach Miasmen sucht, besonders wenn man an die sehr zahlreichen Beobachtungen des gleichzeitigen Sterbens der Thiere aller Classen, wenn man an Ehrenberg's Beobachtungen über Infusorien u. s. w. denkt." —

[73]) *Ueber die Zusammensetzung der Atmosphäre, die Möglichkeit, die Existenz von Miasmen darin nachzuweisen, und über das Vorhandensein eines wasserstoffhaltigen Princips in der Luft*, von Boussingault (l'Instit. 2. Ann. Nr. 67), J. f. pr. Ch. III. S. 153.

[74]) *Ueber den Thau der Moräste*, von Julia de Fontenelle (l'Instit. 2. Ann. Nr. 67), J. f. pr. Ch. III. 210 und 211. 1834. Julia de Fontenelle hatte den 25. Aug. 1819 in dem Moraste von Cercle, im Departement de l'Aude, 4 Liter Thau gesammelt; dieses Wasser war geruchlos, farblos und ziemlich klar; einige Flocken, welche es suspendirt enthielt, setzten sich auf dem Filtrum ab. Als es der Hitze unterworfen wurde, gab es 16 Centiliter Gas, welches in 100 Theilen, bei verschiedenen eudiometrischen Versuchen,

2,17 kohlensaures Gas,
30,30 Sauerstoffgas,
67,53 Stickstoffgas

gab. Dieses Wasser zur Trockenheit eingedampft, gab einen Rückstand von 0,3 Gramm. „Dieser kurzen Angabe und verschiedenen anderen Versuchen zufolge," sagt der Verfasser, „enthält der Thau der Moräste im Allgemeinen ungefähr $\frac{1}{25}$ atmosphärische Luft, welche sauerstoffreicher ist als die der Atmosphäre, Kohlensäure, salzsauren Kalk, salzsaures Natron, schwefelsauren und kohlensauren Kalk." —

[75]) *A. ob. a. O. S.* 154. „Im Laufe des Monats Juli 1830 stellte ich

Digitized by Google

gleichfalls den auch in der gewöhnlichen Luft von Boussingault aufgefundenen und wahrscheinlich als Kohlenwasserstoff vorhandenen Wasserstoff, welchen letztern man quantitativ bestimmen kann, wenn man die zu untersuchende Luft zuerst durch concentrirte Schwefelsäure leitet, welche alle organische Substanzen und also auch die Miasmen absorbirt und zerstört. Vogel[76]) fand ferner, dass auch aus der Luft eingeschlossener Räume, in welchen viele Menschen beisammen sind, eine den Miasmen ähnliche organische Substanz sich abscheiden lasse, während Leblanc[77]) hinsichtlich der Anwesenheit miasmatischer Stoffe in der eingeschlossenen Luft bei der Analyse negative Resultate erhielt. Die Untersuchungen Boussingault's über die chemischen Eigenschaften der ungesunden Luft von Moçästen u. s. w. scheinen bis jetzt noch nicht weiter verfolgt worden zu sein.

---

mehrere Versuche an. Ein Volumen trockner Luft, dessen Gewicht zwischen 305 und 310 Grammen schwankte, gab zu wiederholten Malen bis zu 0,050 Grammen Wasser, was 0,005 Wasserstoff entspricht. Durch Unterhaltung der Wärme erhielt ich gegen Ende des Monats nur noch 0,012 Wasser, entsprechend 0,0013 Wasserstoff." —

[76]) *Ueber die zufälligen Bestandtheile der Atmosphäre*, von A. Vogel; J. f. pr. Ch. IV. 239—242. „Die Feuchtigkeit in einem Hörsaale wurde nach beendigter Vorlesung verdichtet; das gebildete Wasser enthielt weder freies noch gebundenes Ammoniak; es trübte sich erst nach einigen Tagen, setzte weisse organische Flocken ab und nahm einen moderartigen Geruch an; später setzten sich grüne Flocken ab. Salpetersaure Silberlösung wurde nicht getrübt und hielt sich, in der Dunkelheit aufbewahrt, vollkommen klar und farblos; aber den Sonnenstrahlen ausgesetzt, nahm es in wenigen Minuten eine dunkel weinrothe Farbe an; diese Farbe verschwand nach einiger Zeit wieder, und es setzte sich ein schwarzes Pulver zu Boden, welches beim Erhitzen den Geruch nach organischen Substanzen verbreitete und reducirtes Silber zurückliess. Dass diese organische Substanz durch das Ausathmen der Menschen hineingekommen sein sollte, ist nicht wahrscheinlich; denn als in eine verdünnte Auflösung von salpetersaurem Silber mehrere Stunden lang täglich aus der Lunge die Luft hineingeblasen wurde, trübte die Auflösung sich nicht und nahm auch, den Sonnenstrahlen ausgesetzt, keine rothe Farbe an. Es wird hierdurch wahrscheinlicher, dass die organische Substanz durch Hautausdünstung in die Luft kommt, oder wenigstens als ein feiner Staub schwebend darin enthalten ist." —

[77]) *Untersuchungen über die Zusammensetzung der eingeschlossenen Luft*, von Leblanc (Compt. rend. Juin 1842. p. 862), J. f. pr. Ch. XXVII. 215—227. — Seite 219 heisst es: „Was die Anwesenheit miasmatischer Stoffe in der eingeschlossenen Luft betrifft, so waren die Resultate der Analyse negativ; man bemerkte keine wahrnehmbare Färbung der Schwefelsäure oder des Kali's, keine merkliche Einwirkung auf essigsaures Blei; was das Sumpfgas anbetrifft, so kann, wenn es überhaupt in diesen Atmosphären existirt, die Menge desselben die in der gewöhnlichen Luft enthaltene nicht übersteigen. Die Bestimmung der miasmatischen Stoffe, deren Dasein in der Luft man annimmt, bietet einige Schwierigkeiten in der Ausführung, unabhängig von der Vermehrung der in der Analyse anzuwendenden Luftmasse, denn, um den Wasserstoff als Wasser zu bestimmen und den Kohlenstoff als Kohlensäure, müsste man mit einem Gase arbeiten, das vorher wasser-

Digitized by Google

III. Atmosphärische Wasser.

A. Gewöhnliche Bestandtheile.

Die atmosphärischen Wasser, die in Gestalt von Regen, Schnee, Hagel und Graupeln auf die Erde niederfallen, enthalten beständig die Gase, welche die Bestandtheile der Luft bilden, wie wir weiter unten sehen werden, in grösserer oder geringerer Menge aufgelöst und wirken auch durch diesen Umstand so wohlthätig auf das Gedeihen des vegetabilischen Lebens ein, indem sie die zur Existenz der Pflanzen nothwendigen Stoffe, wie Kohlensäure, Ammoniak u. s. w., den Wurzeln derselben zuführen. Zu gleicher Zeit müssen die atmosphärischen Wasser auch die Substanzen, welche nur zufällig und in sehr variirender Menge in der Luft verbreitet zu sein pflegen, wie Salpetersäure, Spuren von festen salzigen Bestandtheilen und die fein zertheilten miasmatischen Producte der Zerstörung und Fäulniss organischer Körper, — aufnehmen und der Erde, von welcher sie herstammen, wiederum zurückgeben; hierdurch wird es klar, dass die atmosphärischen Wasser, die überdies oft noch sehr elektrisch sind, das Wachsthum der Pflanzen in hohem Grade befördern müssen, und man sieht zugleich, auf welche Weise es möglich wird, dass Pflanzen in Felsenklüften und in magerem Sande, der aus reinem Kiesel besteht, auch ohne organischen und mineralischen Dünger, sich entwickeln können. Das Regenwasser enthält allerdings, verglichen mit dem Quell-, Fluss- und Meerwasser, nur sehr geringe Mengen von festen Bestandtheilen, so dass sie in der Regel nur einer qualitativen Bestimmung fähig sind; dennoch scheinen neuere Untersuchungen zu beweisen, dass man allerdings, bei der grossen Regenmenge, welche jährlich auf eine bestimmte Fläche niederfällt, diesen festen Substanzen desselben einen weit grösseren Einfluss auf das Wachsthum der Pflanzen zuschreiben muss, als dies bisher geschehen ist.

Die atmosphärischen Wasser sind oftmals der Gegenstand chemischer Untersuchungen gewesen und schon im Anfang dieses Jahrhunderts hatte man bemerkt, dass durch gewisse Reagentien zuweilen Trübungen in denselben hervorgebracht würden, die auf die Gegenwart von mancherlei Substanzen zu deuten schienen; dies war namentlich in der Nähe des Meeres beobachtet worden,

---

frei und kohlensäurefrei gemacht ist; nun würden aber in diesem Falle Kali oder Schwefelsäure die fraglichen Stoffe entweder absorbiren oder zerstören, und man kann daher nur durch ganz besondere Verfahrungsarten ein Resultat zu erlangen hoffen, und das um so mehr, da man so beträchtliche Luftmassen anwenden muss, wie es Dumas und Boussingault in ihren neuesten Luftanalysen angeben.“ —

Digitized by Google

wo auch die Luft, wie wir oben gesehen haben, oftmals deutlich salzige Bestandtheile in ihren Dünsten aufgelöst und schwebend enthält, und nicht weniger hatte man die Entdeckung Hermbstädt's[78]), dass die Seeluft die Lösung des salpetersauren Silbers unter Mitwirkung des Lichtes roth färbt, fast bei allen Meteorwassern, die man mit diesem Reagens untersuchte, bestätigt gefunden. Man schrieb deswegen mit Zimmermann[79]) diese Färbung einem eigenthümlichen, in der Luft suspendirten, organischen Stoffe zu, den der angeführte Chemiker *Pyrrhin* nannte. Der Erste jedoch, welcher die Meteorwasser einer ausführlichen chemischen Untersuchung unterwarf und deren Bestandtheile auch quantitativ zu bestimmen versuchte, war Brandes[80]). Dieser

---

[78]) Siehe oben S. 34 Anmerk. 61.

[79]) Kastner's Archiv B. I. S. 257 u. ff. 1824. Schweigg. Journ. XLVIII. 157 u. 58. — Zimmermann hat 1824 (a. a. O.) seine Untersuchungen genau beschrieben. Er fand, dass jene Röthung der Silbersalze von organischen, im Wasser aufgelösten Substanzen herrührt und nicht von salzsauren Salzen; denn gerade jene Wasser, welche reichlich salzsaures Kali enthielten, zeigten durch salpetersaures Silber zwar eine deutliche Veränderung in Blaugrau und Violett, aber nur Spuren in's Röthliche; dahingegen bei solchen Wassern, welche weniger salzsaures Kali gaben, aber durch Verdunsten und Verbrennen einen bedeutenden kohligen Rückstand hinterliessen, die Farbe der salpetersauren Silberauflösung vom Gelbrothen in's Weinrothe überging, ohne eine Spur von Blau. Zimmermann stellte nun diese organische Substanz der Meteorwasser durch Verdunstung derselben dar. Sie ist nach ihm in Wasser und nicht sehr starkem Weingeist löslich, besitzt eine gelbbraune Farbe, wird in der Hitze zerstört unter dem Geruche nach brennenden Thiermembranen, und sie ist es, welche die Röthung jener Silbersalze veranlasst. — Die Beobachtungen wurden von Wiegmann, Brandes und Reimann u. A. bestätigt.

[80]) *Beiträge zur Kenntniss der Meteorwasser*, von R. Brandes; Schweigg. Journ. XLVIII. 153—183. — Die von Brandes mitgetheilten Beobachtungen und Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Monate des Jahres 1825.	Regenmenge.	Rückstand in 1 Th. Meteorwasser.
Januar	2‴3‴,87	— 0,0000065 Th.
Februar	2‴6‴,88	— 0,0000035 „
März	0‴5‴,49	— 0,0000021 „
April	0‴4‴,03	— 0,0000014 „
Mai	1‴5‴,92	— 0,0000008 „
Juni	1‴0‴,06	— 0,0000011 „
Juli	1‴5‴,53	— 0,0000016 „
August	3‴4‴,83	— 0,0000028 „
September	2‴1‴,82	— 0,0000021 „
October	2‴1‴,80	— 0,0000031 „
November	3‴4‴,38	— 0,0000027 „
December	2‴4‴,15	— 0,0000035 „
	23‴7‴,76	

12 × 30 = 360 Unzen Regenwasser aus allen Monaten des Jahres gaben 2,75 Gran fester Beimischungen; und diese bestanden aus: Harz, Pyrrhin, Mucus, salzsaurer, schwefelsaurer und kohlensaurer Bittererde,

Digitized by Google

fand in dem Regenwasser, ausser salzsauren, schwefelsauren und kohlensauren Salzen der Bittererde, des Natrons, Kali's und Kalks und ausser dem Pyrrhin, noch eine harzige und eine andre, dem thierischen Mucus analoge Substanz, und die ganze jährlich durch den Regen herabgeführte Menge dieser Bestandtheile bestimmte er für die Gegend von Salzuffeln, wo die Beobachtungen angestellt wurden, für die Fläche von einer Quadratmeile auf die beträchtliche Zahl von 1,230166,6 preuss. Pfunden. Er glaubte ferner, dass man die organische Materie der Meteorwasser einmal als eine derivative tellurische, aus den Pflanzenblüthen und den ihnen verwandten Stoffen, sowie aus den mehrfachen fauligen und andern Dünsten, welche in der Luft je nach der Localität aufsteigen, abstammend, und dann als eine tellurisch-atmosphärisch-kosmische in dem Pyrrhin und Mucus, zu deren Material die Erde als solche mit beiträgt, die aber aller Wahrscheinlichkeit nach erst in der

---

salzsaurem Natron, salzsaurem, kohlensaurem und schwefelsaurem Kalke, salzsaurem Kali, ferner aus Eisenoxyd, Manganoxyd und Ammoniaksalz (salpetersaures ?). — „Unsere Untersuchung hat ergeben, dass die organische Substanz der Meteorwasser nicht so einfach ist, wie es auf den ersten Blick erscheinen möchte. Ausser dem Pyrrhin müssen wir darin noch annehmen eine harzige Substanz und eine andere, dem thierischen Mucus analoge, und neben diesen nur allein durch die physischen Merkmale erkennbare riechende ätherische Stoffe. Zur Erzeugung dieser Stoffe, besonders letzterer, tragen ohnstreitig die Ausdünstungen der Pflanzen viel bei. Wir haben unter den Regenwassern solche angetroffen, welche ganz mit Pflanzenduft beladen waren. Es scheint nicht unwahrscheinlich, dass die Spur des harzigen Stoffes durch eine Veränderung der ätherischen riechenden Stoffe mittelst des Sauerstoffes der Luft hervorgehen möchte. Auch auf die Bildung des Pyrrhins und des Mucus mag die Luft grossen Einfluss haben, und sowohl ihr Gehalt an Kohlensäure, vielleicht durch Desoxydation, sowie ihr Stickstoffgehalt mögen beide dazu mit beitragen. Erwägen wir, dass auch in den Wintermonaten sich der grössere Gehalt an organischer Materie im Regenwasser ergab, und hier der Dunstkreis zugleich die grösseste Wassermenge hergiebt: so scheint dieses wohl auf einen allgemein verbreiteten, zu dieser Zeit in der Luft vor sich gehenden Desoxydationsprocess von Kohlensäure zu deuten, der im Conflict mit den übrigen Bestandtheilen der Luft auch jene Substanz unter seine Producte zählt, die wohl ohne Zweifel mit den gallertartigen Meteoren, Sternschnuppen u. s. w. in Beziehung stehen und mit deren Substanz wesentlich übereinstimmen möchte, wie die Versuche von Buchner zu ergeben scheinen. — Ein wichtiges Moment in der Betrachtung der organischen Materie der Meteorwasser ist noch die Art, wie das Regenwasser sich verhält, wenn es sich selbst überlassen bleibt. Es zeigt alsdann bald Flocken, Schleimbällchen, fadige Gewebe, körnige Ablagerungen, confervenartige Zusammenhäufungen u. s. w., die auch dadurch die organische Natur der Beimengung enthüllen und eine noch sehr unbekannte keimende, aber schon im Werden wieder erlöschende Vegetation verkünden. Wo aber günstige Umstände auf diese gleichsam mit Lebenskraft geschwängerte organische Materie einwirken, Licht, Wärme und Elektricität: da wird sie auch den nackten Felsen nach und nach mit einer Vegetation von Conferven, Moosen, Lichenen und immer höher steigenden Formen bekleiden können und Leben in die todte Masse bringen.“ —

Digitized by Google

Luft ihre Zusammensetzung erhalte, betrachten müsse. Liebig[81]) fand bei der Untersuchung von 77 verschiedenen Regenwassern in allen Chlornatrium, aber keine Spur von Kali; ausserdem enthielten sie organischen Staub und 17 von den 77 untersuchten Proben auch Salpetersäure in sehr veränderlicher Menge und in Verbindung mit Kalk oder Ammoniak. Lampadius[82]) untersuchte eine grosse Anzahl atmosphärischer Wasser und zog im Jahre 1838[83]) aus allen seinen bei Freiberg angestellten Prüfungen das Endresultat: dass bei ruhiger Atmosphäre und nach vorhergegangenen Niederschlägen das Atmosphärwasser wenige oder gar keine terrestrischen Bestandtheile enthalte, dass es bei heftigen westlichen Stürmen aus dem atlantischen Ocean aufgetriebene Salztheilchen, vorzüglich Chlorcalcium, oft in bedeutender Menge mit sich führt; dass bei heftigen Stürmen, welche mehr das Continent bestreichen, und zumal bei ausgetrockneter Oberfläche, die Niederschläge mehr von dem sogenannten Pyrrhin enthalten, und endlich, dass es kein eigenthümliches Pyrrhin, etwa als atmosphärisches Erzeugniss giebt; sondern die Wolkenbläschen und fallenden Niederschläge entnehmen dem Erdstaube Humussäure und Quellsatzsäure, welche letztere besonders die Ursache ist, dass sich das mit Silbersolution versetzte Atmosphärwasser im Sonnenlichte oft purpurroth und dunkelroth färbt. Regen, Schnee und Hagel verhalten sich unter denselben Verhältnissen analog. In neuerer Zeit hat Bertels[84]) das Regen- und Schneewasser Hinterpommerns

---

[81]) Liebig: *Notiz über die Salpeterbildung*; Ann. de Ch. et de Ph. XXXV. 329—333. 1827.

[82]) *Resultate mehrfacher Untersuchung der in der Umgegend von Freiberg niederfallenden Meteorwasser*, von Lampadius; J. f. pr. Ch. I. 100 ff.; II. 281 ff.; VI. 374—382 und X. 78—88. Durch alle Reactionen wurde immer vorwaltend der salzsaure Kalk, oder ein organischer Stoff (Pyrrhin) gefunden. Unbedeutender waren die Spuren von salzsaurem Natron und salzsaurer Magnesia, sowie von schwefelsaurem Natron. Mehrere Untersuchungen auf die Quantität der in den Wassern gelösten Stoffe gaben in 20 Pfund 0,7 bis 3,2 Gran, nie darüber, bald mehr salzige, bald mehr bräunliche, humusähnliche Bestandtheile als Rückstand. Die salzigen Bestandtheile verdanken die atmosphärischen Wasser höchst wahrscheinlich den salzigen Meeren und Seen. Dass sich eine verhältnissmässig grössere Menge von salzsaurem Kalk (Chlorcalcium) findet, dürfte in der starken Anziehung, welche zwischen diesem Salze und dem Wasser besteht, zu suchen sein; wie denn auch wirklich bei der Destillation der Lösungen von salzsaurem Kalk und Talk von diesen Salzen etwas übergeht.

[83]) *Endresultat, aus den fortgesetzten Prüfungen atmosphärischer Wasser gezogen*, von Lampadius; J. f. pr. Ch. XIII. 244.

[84]) *Das Regen- und Schneewasser in Hinterpommern, chemisch untersucht*, von C. Bertels; J. f. pr. Chemie XXVI. 89—96. 1842. Die 86 Mgr. feste Körper, die in 3 Pfund untersuchten Aprilschneewassers enthalten waren, bestehen aus folgenden Substanzen, denen zugleich die

Digitized by Google

untersucht, dieselben Bestandtheile, wie Brandes und Lampadius, in demselben gefunden und auch quantitativ bestimmt, um auf diese Weise zu erfahren, wie viel der in diesen Atmosphär-

---

Zahlen beigefügt sind, welche die Berechnung in Pfunden jährlich für einen Magdeburger Morgen ergeben würde.

			Auf 1 Magd. Morgen jährlich.	
Kohlensaure Kalkerde	10	Mgr.	33	Pfd.
kohlensaure Talkerde	10	„	33	„
Kochsalz	16	„	52½	„
Gips	10	„	33	„
schwefelsaures Kali	7	„	23	„
organische, Stickstoff enthaltende Körper	17	„	55½	„
Eisenoxyd	2	„	6½	„
Alaunerde	4	„	13	„
Kieselerde	6	„	19½	„
Verlust (als Humussäure und humussaures Ammoniak?)	4	„	13	„
	86	Mgr.	282	Pfd.

„Nehmen wir nämlich an, das in einem Jahre in Hinterpommern als Schnee, Regen und Thau niederfallende Wasser erreiche durchschnittlich die Höhe von 3 Fuss, so fallen auf 1 Magd. Morgen jährlich 5,132,160 Pfd. (denn 1 Cubikzoll destillirten Wassers wiegt nach dem preuss. Normalgewichte 1⅞ Loth, der Cubikfuss 66 Pfund; die Quadratruthe hat 144 Quadratfuss × 3 = 432 Cubikfuss × 66 = 28,512 Pfund × 180 Quadratruthen [pro Magd. Morgen] = 5,132,160 Pfund). Da nun in 3 Pfund in Untersuchung genommenen Schneewassers 86 Mgr. feste Körper gefunden sind, so würde hiernach der Magd. Morgen 282 Pfund erhalten, bei welcher Rechnung wir freilich voraussetzen, dass auch alles Schnee- oder Regenwasser in den Boden zieht, und zugleich annehmen, das Regen- oder Schneewasser enthalte das ganze Jahr hindurch dieselbe Menge fester Körper, als diese Untersuchung ergeben hat (denn 5,132,160 : 3 = 1,710,720; dies, mit 86 Mgr. multiplicirt, giebt 282 Pfund)." Bertels zieht aus diesem Versuche folgende Folgerungen: 1) dass der Boden durch Ruhe verbessert werden muss, indem er jährlich sowohl durch Schnee- als Regenwasser mit Körpern versehen wird, die den Pflanzen zur Nahrung gereichen; 2) dass Pflanzen auf Bodenarten, in denen die genaueste chemische Untersuchung weder Kalk, noch Talk, Kochsalz oder Gips etc. gefunden, diese Mineralien dennoch durch das niederfallende Wasser erhalten können. Wir finden diese Körper aber wohl deshalb nicht in dem Boden, weil sie grösstentheils sogleich von den auf demselben wachsenden Pflanzen verzehrt werden; 3) dass es nicht gleichgültig sein kann, ob der Boden bis zu der Tiefe von 3—4 Fuss einen durchlassenden oder undurchlassenden Untergrund besitzt; im ersten Falle könnte dann das im Regen- und Schneewasser befindliche Kochsalz und der Gips von dem Untergrunde eingesogen, später, bei lange anhaltender trockener Witterung durch die Haarröhrchenkraft in die Oberfläche gelangen*), während auf einem undurchlassenden Untergrunde

---

*) Dass dies wirklich geschieht, davon überzeugte sich Bertels durch die chemische Untersuchung einer Ackerkrume, in der er, als es einige Zeit vorher nicht geregnet hatte, keinen Gips fand, während er ein andres Mal in derselben Ackerkrume, nachdem etwa 14 Tage lang warmes und trocknes Wetter gewesen war, bei einer Tiefe von 6—8 Zoll (wie früher) eine nicht unbedeutende Menge Gips fand, ohne dass dieses Beet zur Zeit im geringsten gedüngt worden war.

Digitized by Google

wassern enthaltenen salzigen Bestandtheile jährlich dem Ackerboden zugeführt wird. Er fand in 3 Pfund Schneewasser, welches von einem Schnee herrührte, der im Monat April 1841 nach 14 Tagen anhaltend schönem und trocknem Wetter gefallen war, — 86 Mgr. feste Körper und berechnet daraus, dass jeder Magdeburger Morgen jährlich durch das Regen- und Schneewasser im Durchschnitt 282 Pfund feste Substanzen erhält.

---

diese Körper bei anhaltendem Regen oder nach dem Schmelzen von hochliegendem Schnee fortgeführt und demnach der Boden von diesen Körpern nicht den ganzen Nutzen haben würde.

Die Resultate, wie sie sich aus den Untersuchungen für die einzelnen Monate ergeben haben, waren folgende, wobei zu bemerken ist, dass für den Monat April 1840 der April 1841 eingeschaltet worden ist, weil in jenem fast gar kein Schnee oder Regen fiel.

Jahr.	Monat.	Kohlensaure Kalkerde.	Kohlensaure Talkerde.	Kochsalz.	Gips.	Eisenoxyd.	Alaunerde.	Kieselerde.	Organische, Stickstoff enthaltende Körper.	Kali (als kohlensaures berechnet).	Verlust (Kohlens. Kali, Ammoniak u. Humussäure).	Summe der gefund. festen Körper.
		Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.
1840	März	113	95½	125½	60	9	9	12	72	78	51	625
—	—	44½	36	18	44½	6	8	48	24	—	4	233
1841	April	30	30	47	30	6	12	18	51	27	6	257
—	—	27	18	71½	36	18	18	27	44½	—	9	269
1840	Mai	30½	14½	26½	23½	8½	14½	23½	14½	—	5	161
—	—	26½	22½	18	22½	9	13	27	27	—	4½	170
—	Juni	31½	18	22½	18	9	9	13	22½	—	9	152½
—	—	49	36½	18	22½	13½	13½	31½	27	—	4½	216
—	Juli	29¼	21	12	18	29¼	15	51	21	6	—	203
—	—	36	26½	18	18	26½	36	63	90	—	9	323
—	Aug.	13½	9	4½	9	4½	9	13½	22½	—	4	89½
—	Sept.	17¾	24	12	22	9	15½	35¾	26½	—	9	173¾
—	—	12	9	10½	12	4	3	12	6	4½	—	72
—	Octbr.	13½	13½	22½	22½	4½	9	13½	18	—	4	121
—	—	8¾	5¾	5¾	8¾	5¾	6	6	17½	1½	—	65¾
—	Novbr.	15	9	18	15	6	9	21	36	6½	2	137½
—	Decbr.	11¾	14¾	23¾	20¾	5¾	2¾	9	41¾	4¾	5¾	140½
1841	Januar	27	18	22½	18	13½	18	22½	27	2	2¾	170½
—	Febr.	31½	18	22½	22½	22½	27	76	13	—	8¾	242
—	—	66		128½	48	6	12	18	116½	51	—	497
	Summa	634½	490½	647½	493½	216½	259½	541¼	718½			4318
	Dividirt d. die Anzahl der Untersuchung. = 20	31 7/10	24½	32 7/20	24 13/20	10⅘	13	27	35 9/10			215 7/10

Digitized by Google

B. Ungewöhnliche Beimengungen der atmosphärischen Wasser.

Die Erscheinung des rothen Schnees, den Capt. Ross[85]) in den Polargegenden und Saussure[86]) und A. auf den hohen Alpen mehrfach zu beobachten Gelegenheit gehabt haben, hat zu vielen Hypothesen über den Ursprung dieser Färbung Veranlassung gegeben. Man schreibt denselben gewöhnlich gewissen Organismen zu, wobei es unentschieden bleibt, ob diese als Algen oder Flechten dem Pflanzenreiche oder als Luftzoophyten dem Thierreiche beizuzählen sind[87]), welche letztern, nach Wrangel[88]), durch den Einfluss der Luftelektricität geweckt, sich in der Gewitteratmosphäre mit dem sie umhüllenden Schleime bilden, im Gewitterregen niederfallen und als Niederschlag die sogenannte *Lepraria kermesina* darstellen. Agardh[89]) ist der Meinung, dass man nicht nöthig habe, den rothen Schnee und die ihn färbenden Organismen aus der Atmosphäre herzuleiten, oder durch eine Auflösung der *Lepraria kermesina* zu erklären, sondern dass schon die Wirkung des Sonnenlichtes auf weissem Grunde, z. B. auf Schnee, weissem Kalkstein u. s. w. in den elementarischen Organismen der Algen wie der Infusorien eine höhere Färbung hervorzurufen vermöge, indem, was den Schnee anlangt, in und mit der Lösung desselben

---

[85]) *Capttän Ross's Reise nach dem Polar-Meere*; deutsche Uebersetzung, I. Th. S. 342. Siehe in Schweigg Journ. XLIV. 437 —474. 1825. — *Ueber das färbende Princip des rothen Schnees und über Luftzoophyten;* Untersuchungen und Bemerkungen Peschier's u. A., nebst Auszug einer hieher gehörigen Abhandlung des Herrn Prof. C. G. Nees v. Esenbeck, von Schweigger-Seidel.

[86]) *Voyage dans les Alpes*, t. II. §. 646. — Schweigg. Journ. a. a. O. S. 449.

[87]) Schweigg. Journ. a. a. O. S. 443. Nur wenige Naturforscher hielten diese gefärbten Kügelchen für Infusorien, oder erklärten sie gar für Fischeier; die meisten stimmten für eine vegetabilische Natur und rechneten sie, wie Brown, den niedrigsten Algenformen zu, denjenigen Formen, welche, wie Agardh sagt (Verhandl. der Königl. Akad. der Wissenschaften zu Stockholm, 1823. I. S. 55 ff.), dem Infusoriengebiet im Thierreich verglichen werden können, oder, wie Nees sich ausdrückt (Ueber das organische Princip in der Erdatmosphäre und dessen meteorische Erscheinungen; aus Robert Brown's vermischten botan. Schr. bes. abgedr., Schmalkalden 1825. S. 7): „an den Grenzen der infusoriellen Welt stehend, zwischen Thier und Pflanzen unentschieden schwankend, die streng gezogenen Gränzen des Systems im wechselnden Einfluss der Luft oder des Wassers verrücken."

[88]) Microscopiska och Physiologiska undersökningar rörander utvecklingen af Lepraria kermesina och dess likhet med den så kallade röda snön. In den Verhandl. der Akad. der Wissenschaften zu Stockholm, 1823. I. S. 77. Vergl. Schweigg. Journ. a. a. O. S. 445.

[89]) Agardh: *Geschichte des rothen Schnees*; Nova Acta Acad. Caes. L. C. Nat. Cur. Vol. XII. p. 2 ff. Schweigg. Journ. a. a. O. 448.

Digitized by Google

durch den Einfluss des Lichtes und der Wärme jener zur Vegetation neigende ursprüngliche Lebensprocess beginnen, bis zu einer gewissen, endlich dem Auge kund werdenden Höhe anschwellen und auf der bestehenden Unterlage des Schneefeldes fixirt werden könne, „eine Blume des Schnees“ im hohen Norden und auf Alpenhöhen, aber unter besondern Umständen (nur minder beharrlich, wie der Schnee selbst) auch in tieferen und wärmeren Gegenden bildend.

Ueber die chemische Beschaffenheit jenes rothen Farbestoffes hat Wollaston [90]) zuerst einige Versuche angestellt; er fand in der Asche der färbenden Substanz des Polarschnees Spuren von Eisen, Kiesel- und Kalkerde und glaubt, dass die Färbung der an sich farblosen und durchsichtigen Bläschen von der darin enthaltenen öligen Flüssigkeit herrühre. Aehnliche Resultate erhielt Grouvelle [91]). Biselx [92]) leitete die rothe Farbe von beigemischter eisenschüssiger Erde her, und in der That fand auch Peschier [93]) in den von ihm untersuchten Portionen eine sehr

---

[90]) Wollaston in Thomson's Ann. of Philos. Jan. 1819. p. 74. Ann. de Chim. XII. p. 74. — Schweigg. Journ. a. a. O. S. 454. Der trocknen Destillation unterworfen, gaben die Kügelchen ein stinkendes Oel und Ammoniak, ähnlich den Tangen. Die Kohle enthielt Spuren von Eisen, Kiesel- und Talkerde.

[91]) Ann. de Chim. t. XII. p. 78. Schweigg. Journ. a. a. O. S. 454. Die von Grouvelle untersuchte Substanz zeigte keine Spur von Ammoniak oder einem andern Gase bei der trocknen Destillation; die zurückgebliebene Kohle war schwammig und lieferte nur sehr wenig Asche.

[92]) Biselx, s. in Biblioth. univers. Déc. 1819; Gilb. Ann. XXXIV. S. 318 ff.; Schweigg. Journ. XXXVI. S. 115 und a. a. O. S. 450 und 455.

[93]) Peschier in der Biblioth. univers. Oct. 1824; vergl. Schweigg. Journ. a. a. O. S. 455 und 56. — Im Allgemeinen zeigte sich dieser Stoff getrocknet als ein bräunliches oder äusserlich grünlich-violettes, innerlich lebhaft röthlich-violettes, pulveriges, mehr oder weniger fettig anzufühlendes Concrement. Der Luft ausgesetzt, nahmen auch die innern Partien schnell die Farbe der Oberfläche an. Das Wasser, aus welchem er geschieden wurde, hatte, bald mehr, bald weniger, den Geruch vegetabilischer, im Zersetzen begriffener Substanzen, wurde mit Schwefelwasserstoff-Ammoniak in verschiedenen Nüancirungen grünlich, mit Galläpfelaufguss nach einigen Stunden violett gefärbt, und wirkte zwar nicht auf Curcumapapier, röthete aber das Lakmuspapier mehr oder weniger, je nachdem es einen grössern oder geringern Kohlensäuregehalt besass. Mit Barytsalzen gab es keinen Niederschlag, mit sauerkleesaurem Ammoniak bald eine starke Trübung, bald einen bedeutenden Niederschlag. Beim Abdampfen zeigte es eine geringe Menge Extractivstoff, welcher Feuchtigkeit anzog und auf glühenden Kohlen einen brenzlichen Geruch verbreitete. Aus 27 Unzen dieses Wassers erhielt Peschier nur etwa 68 Gran eines Pulvers, welches, schwerer als das Wasser und unauflöslich in demselben, sich grösstentheils in dem Alkohol löste und ihm eine goldgelbe Farbe ertheilte. Der Rückstand nach dessen Verdampfung war saffrangelb, mit grünlichen Ramifications durchzogen, von scharfem Geschmack, unauflöslich in Wasser, aber auf-

Digitized by Google

bedeutende Menge Eisenoxyd. Doch bewies Peschier, dass die Farbe organischen Ursprungs sei, wie schon Saussure [94]) vermuthet hatte, dass dieselbe von Blüthenstaub herrühre, so wenig er auch begreifen könne, woher dieser auf den Schnee gekommen sein möge. Mit den Analysen von Peschier stimmen wenigstens qualitativ die Untersuchung des rothen Färbestoffes des Alpenschnees von Steinmann und Ficinus [95]) wie auch die Analyse des am 15. April 1816 auf dem Berge Tonale und an andern Orten des nördlichen Italiens und südlichen Deutschlands aus rothen Wolken gefallenen ziegelrothen Schnees [96]) überein. Aus Allem geht hervor, dass diese rothe Farbe in der That einem organischen Gebilde ihren Ursprung verdankt, wie auch mikroskopische Untersuchungen solches nachgewiesen haben, und dass

---

löslich in Alkohol, Aether, Oel, Aetzkali und Chlorwasser, welches letztere seine Farbe zerstörte. Durch die Behandlung mit Königswasser ergaben sich in 4 verschiedenen Portionen folgende Bestandtheile:

	In 100 Theilen:			
	1.	2.	3.	4.
Kieselerde	53,55 —	66,50 —	20,0 —	5,21
Eisenoxyd	12,27 —	21,35 —	31,25 —	52,08
Thonerde	6,61 —	6,35 —	4,25 —	—
Kalk	0,38 —	— —	0,50 —	0,84
Harz	12,08 —	— —	— —	—
Unlöslicher organischer Stoff	8,50 —	— —	37,50 }	42,37
Löslicher organischer Stoff	6,61 —	6,80 —	6,50 }	

[94]) Saussure: *Voyage dans les Alpes* und Ann. de Ch. et de Ph. XII. p. 73.

[95]) S. Gilb. Ann. XXXIII. S. 43 u. XXXVIII. 356 u. Schweigg. Journ. XXXVI. S. 114 und a. a. O. S. 458. — Steinmann in Prag und Ficinus in Dresden unterwarfen den rothen Schnee von den Alpen bei Bex der chemischen Analyse und fanden: organische Stoffe, theils in Alkohol, theils in Aetzammoniak löslich, theils in diesem und in Wasser unauflöslich; Eisenoxyd, Manganoxyd, Kieselerde, Thonerde und Kalk; Steinmann etwas Schwefel oder Schwefelsäure, Ficinus von Talkerde nur eine Spur.

[96]) Giorn. di fisica p. 473. Gilb. Ann. XXXIII. S. 40 u. Schweigg. Journ. XXXVI. S. 114 und a. a. O. S. 459. — Die äusseren Kennzeichen des erdigen Pulvers, welches der ziegelrothe Schnee enthielt, stimmen völlig überein mit den von Peschier untersuchten Substanzen. Es zeigte einen thonigen Geruch, etwas salzigen und zusammenziehenden Geschmack und lieferte in 26 Granen:

Kieselerde	8 Gr.
Eisen	5 „
Thonerde	3 „
Kalkerde	1 „
Kohlensäure	0,5 „
Schwefel	0,25 „
Brenzliches Oel	2 „
Kohlenstoff	2 „
Wasser	2 „
Verlust	2,25 „
	26 Gr.

Digitized by Google

man ferner aus der Uebereinstimmung der Resultate chemischer Untersuchungen zu schliessen berechtigt zu sein scheint, dass in den verschiedenen rothen Schneemassen ein und dasselbe färbende Princip vorhanden sei.

Die rothen Staub- und Regenfälle, oder der sogenannte Blutregen, sind nur selten zum Gegenstande genauerer Untersuchungen gemacht worden; der Farbestoff scheint zum Theil mineralischen Ursprungs und durch Stürme oder Erdtromben an dem einen Orte in die Höhe gehoben zu sein, um an einer andern Stelle mit dem Regen oder für sich allein als Staub niederzufallen; zum Theil sind sie jedoch auch von solcher Beschaffenheit, dass sie auf einen, dem vorher beschriebenen des rothen Schnees analogen, Ursprung aus vegetabilisch-organischen Elementen schliessen lassen, und in diesem Falle mögen sie wohl gewöhnlich dem Blüthenstaub oder auch kleinen pilzartigen Gewächsen ihren Ursprung verdanken. So untersuchte Sementini[97]) einen Staub, der im März 1813 theils mit, theils ohne Regen in Calabrien niederfiel, und wies in demselben ausser einer harzigen Substanz Kieselerde, Eisen, Chrom, Thonerde und Kalkerde nach, welches nur in dem Chromgehalte eine bedeutendere Abweichung von der Zusammensetzung des rothen Alpenschnees darbietet. Den rothbraunen flockigen Bodensatz des rothen Regens, welcher 1821 den 3. Mai in und um Giessen fiel, fand Zimmermann[98]) bestehend aus Kieselerde,

---

[97]) Sementini: Giorn. di fisica Dec. II. t. I. p. 28 und 469; Ann. de Chim. LXXXIII. p. 146; Gilb. Ann. XXXIV. S. 327; Schweigg. Journ. a. a. O. 463. Dieser Staub war zimmtbraun, von erdigem, wenig merklichem Geschmack und fettig anzufühlen. Es befanden sich kleine, harte, dem Pyroxen ähnliche Körper darunter, welche Sementini für eine zufällige Beimischung vom Boden erklärt. Das specifische Gewicht, nach Abzug dieser Körner, betrug 2,07. Die Farbe dieses Staubes wurde durch Glühen erst brauner, dann schwarz und endlich roth, und man erkannte nach dieser Operation, selbst mit unbewaffneten Augen, eine Beimischung kleiner, gelber, glänzender, glimmerartiger Blättchen. Ein Zehntheil seines Gewichtes ging durch Glühen verloren; der Rückstand brauste nun mit Säuren. Ein feines, schwarzes, kohlenartiges Pulver, welches auf dem Filter zurückblieb, löste sich in kochendem Alkohol, den es mehr oder weniger grünlich-gelb färbte, und nach Verdunstung blieb eine pechartige, gelbliche Substanz von scharfem, harzigem Geschmacke zurück, welche, verbrannt, einen kohlenartigen Rückstand gab. Durch die chemische Analyse wurde folgende Zusammensetzung dieses Staubes ermittelt:

Kieselerde	33
Eisen	14,5
Chrom	1
Thonerde	15,5
Kalkerde	21,5
Kohlensäure	9
Harzige Substanz	15.

[98]) Zimmermann in Gilb. Ann. XXXVIII. S. 356; Kastner's Arch. B. I. S. 269; Schweigg. Journ. XXXVI. S. 113 und a. a. O. S. 465.

Digitized by Google

Eisenoxyd, Chromsäure, Kalkerde, Kohlenstoff und mehreren flüchtigen Theilen, statt der Thonerde aber eine Spur von Talkerde. Die färbende Substanz der sogenannten Schwefelregen besteht wohl in nichts Anderem als in einem gelben Blüthenstaube, der von Unwissenden für Schwefel mag angesehen worden sein. So beobachtete z. B. Lampadius[99]) zu Freiberg nach heftigen, mit Sturm begleiteten Gewittern einen gelben Blüthenstaub, wahrscheinlich von Fichten, auf dem Wasser schwimmend, eine Erscheinung, die in grösserem oder geringerem Maassstabe nicht selten sich darbietet.

IV. Zusammensetzung der Luft, die man in dem Wasser aufgelöst findet.

Das Wasser, welches dem Einfluss der atmosphärischen Luft ausgesetzt ist, enthält eine bestimmte Menge von Sauerstoffgas, Stickstoffgas und Kohlensäuregas aufgelöst, eine Thatsache, die schon frühzeitig bemerkt wurde; aber erst durch Priestley[100]) erfuhren wir, dass die im Wasser befindliche Luft eine von der atmosphärischen Luft verschiedene Zusammensetzung habe, welches von Hassenfratz und später von Ingenhouss und Breda[101]) bestätigt wurde, indem der Erstere erklärte, dass Luft, welche aus Regenwasser gezogen wäre, 0,4 Sauerstoff enthalte. Henry[102]) erhielt aus 100 Cubikzoll Brunnenwasser 4,76 Cubikzoll Gas, welche aus 3,38 kohlensaurem Gas und 1,38 atmosphärischer Luft bestanden; das Wasser gab also nach diesem Versuche $\frac{1}{10}$ seines Volumens an atmosphärischer Luft und überhaupt $\frac{1}{20}$ seines Volumens an Gasgemisch her. Berger[103]) schliesst aus seinen, fast zu derselben Zeit angestellten Versuchen, dass das Wasser die atmosphärische Luft nicht geradezu absorbire, sondern sie

---

[99]) Lampadius; J. f. pr. Ch. VI. S. 375.

[100]) Priestley: Experiments on Air, arranged and methodized, Vol. I. p. 151. Gilb. Ann. XX. S. 130.

[101]) S. in der Abhandlung von Alex. v. Humboldt und Gay-Lussac: *Ueber die Natur der Luft, welche man aus dem Wasser erhält, und über die Wirkung des Wassers auf reine und auf gemischte Gasarten;* Gilb. Ann. XX. 129—146. 1805.

[102]) *Versuche über die Gasmengen, welche das Wasser nach Verschiedenheit der Temperatur und nach Verschiedenheit des Druckes absorbirt,* von William Henry (Philos. Transact. for 1803. I.), Gilb. Ann. XX. 147—166.

[103]) *Untersuchungen über die Absorption der Gasarten durch Wasser,* von F. Berger in Genf (Journ. de Phys. t. LVII. Juill. 1803. p. 1—14), Gilb. Ann. XX. 168—176. — Wie es zugehe, dass in allen seinen Versuchen der Verlust der Luft an Sauerstoffgas grösser war als die ganze Absorption, weiss Berger sich nicht zu erklären, und statt auf den sehr einfachen Grund, dass das Wasser wohl Stickgas hergeben könne, zu kommen, meint er vielmehr, das Sauerstoffgas möge sich wohl in Stickgas umwandeln können.

Digitized by Google

zersetze, um sich blos mit dem Sauerstoffe derselben zu verbinden, dass diese Absorption also vermöge einer Wahlverwandtschaft vor sich gehe.

Die Ersten, welche über die Zusammensetzung der vom Wasser absorbirten Luft gründliche Forschungen anstellten, waren Humboldt und Gay-Lussac[104]); sie fanden in diesem Wasser durchschnittlich ungefähr 31,0 Theile Sauerstoffgas in 100 Theilen Luft, also diese um ungefähr 10 Hundertel reicher an Sauerstoffgas als die atmosphärische Luft; und ferner beobachteten sie,

---

[104]) Humboldt und Gay-Lussac a. a. O. — Es fanden sich in 100 Th. Luft:

aus dem destillirten Wasser	32,8	Sauerstoffgas,
aus dem Wasser der Seine	31,9	„
aus Regenwasser	31,0	„

Der Sauerstoffgehalt des Brunnenwassers ist mehr veränderlich, da das Brunnenwasser in der Erde mit Materien in Berührung ist, die Verwandtschaft zum Sauerstoffe besitzen. Seinewasser, zu einer andern Zeit aufgefangen, gab Luft, die nur 29,1 Th. Sauerstoffgas in 100 Th. enthielt und also etwas weniger rein war als die Luft aus dem Regenwasser. — Die Luft aus dem Wasser der Seine wurde in 4 nach einander folgenden Portionen aufgefangen und jede für sich untersucht. Der

erste Antheil enthielt in 100 Th.				23,7	Th.	Sauerstoffgas,	
zweite	„	„	„	„	27,4	„	„
dritte	„	„	„	„	30,2	„	„
vierte	„	„	„	„	32,5	„	„

Als dieser Versuch mit Schneewasser wiederholt wurde, fanden sich in 100 Th. der ersten Portion 24,0 und der letzten 34,8 Th. Sauerstoffgas. — Der Sauerstoffgehalt der Luft, die durch Auflösen von Kochsalz aus dem Seinewasser ausgetrieben war, betrug nur 22,5, dagegen der Sauerstoff in der durch Kochen aus dem mit Salz geschwängerten Wasser ausgetriebenen Luft 30,5 war. — Geschmolzenes Eis giebt ungefähr nur halb so viel Luft her als gewöhnliches Wasser, und es verdient dabei besonders bemerkt zu werden, dass es seine Luft nicht eher fahren lässt, als bis es die Temperatur von mehr als 60° C. erlangt hat. Die entbundene Luft war in zwei Portionen aufgefangen worden; die erste enthielt 27,5, die andere 33,5 Th. Sauerstoffgas. — Die Luft aus dem Schneewasser war in fünf Portionen aufgefangen worden, von denen 100 Theile, im Volta'schen Eudiometer zerlegt, folgende Antheile an Sauerstoffgas zeigten:

der erste, zweite, dritte, vierte, fünfte Antheil:
24,0 26,8 29,6 32,0 34,8 Th. Sauerstoffgas.

Da die Volumina dieser fünf Antheile bekannt waren, so liess sich die Reinheit der gesammten Luftmenge durch Rechnung finden; sie war 28,7, indess das Seinewasser an demselben Tage nur Luft von der Reinheit 28,3 hergab. Beide Wasser gaben ein Luftvolumen, welches ungefähr $\frac{1}{35}$ ihres eignen Volumens gleich war. — „Diese Versuche über das Schneewasser und über das geschmolzene Eis führen auf einige auffallende Folgerungen für das Studium der Meteorologie. Der Schnee ist nichts als ein Aggregat kleiner Eiskrystalle, welche sich in den hohen Regionen der Atmosphäre bilden, und doch geben diese kleinen geschmolzenen Krystalle fast ein doppelt so grosses Volumen an Luft als das geschmolzene Eis unserer Flüsse. Man würde hieraus schliessen müssen, dass, wenn das in der Luft aufgelöste Wasser sich in Schnee condensirt, es keine so grosse Luftmenge ausstosse, als wenn es an der Oberfläche der Erde zu Eis gefriert; wäre es nicht auch denkbar, dass

Digitized by Google

dass, wenn man die verschiedenen Portionen Gas, welche aus dem Wasser ausgetrieben werden, für sich auffängt, die ersteren Theile bedeutend weniger Sauerstoffgas enthalten als die zuletzt sich entwickelnden. Man sieht hieraus, dass das Wasser nicht gleichmässig auf das Sauerstoffgas und auf das Stickgas wirkt, und dass durch Erhöhung der Temperatur die Wirkung desselben auf das erstere minder als auf das zweite Gas geschwächt wird. Eine ähnliche Erscheinung zeigt sich bei der Luft, welche aus dem Wasser sich entwickelt, wenn in diesem Salze aufgelöst werden; diese Luft nämlich ist bei weitem ärmer an Sauerstoff als jene, die durch Kochen aus dem mit Salz geschwängerten Wasser ausgetrieben wird. Bei dem Uebergang des Wassers in Eis lässt es ungefähr die Hälfte der Luft fahren, die zurückbleibende enthält ungefähr 31,0 Theile Sauerstoff. Dagegen fanden dieselben Forscher in dem durch Schmelzen des Schnees erhaltenen Wasser beinahe die doppelte Menge von der in dem Eiswasser enthaltenen Luft und beinahe ebenso viel als in dem zu gleicher Zeit untersuchten Wasser der Seine; sie halten es jedoch für wahrscheinlich, dass der Schnee zwischen seinen Krystallen eine gewisse Menge Luft enthalte, die er beim Schmelzen absorbire, und deswegen eine grössere Quantität Luft aufgelöst zu enthalten scheine als das durch Schmelzen des Eises entstandene Wasser, welche Ansicht Lampadius später [105]) durch directe Versuche bestätigt zu haben scheint. Lampadius fand nämlich, dass der Schnee, wenn man ihn in einem abgeschlossenen Raume langsam schmelzen lasse, diese Luft zum Theil absorbire und den Sauerstoffgehalt des Rückstandes vermindere. Die Versuche von Lampadius über den Gasgehalt des Schnees [106]) und des Regenwassers [107]) stimmten

---

der Schnee zwischen seinen kleinen Krystallen eine gewisse Menge von Luft zurückbehalte, die er beim Schmelzen absorbirt? denn es scheint, dass es gerade im Augenblicke seines Gefrierens ist, dass das Wasser den grössten Theil seiner Luft fahren lässt.“ —

[105]) *Versuche über die Frage, ob das Gas, welches das Schneewasser liefert, bereits als solches in den Schneekrystallen eingeschlossen sei*, von Lampadius; J. f. pr. Ch. X. 85—88.

[106]) *Gasgehalt der Schneevarietäten*, von Lampadius; J. f. pr. Ch. X. 81. 1837. — 1000 Volumina des Ostschnees (bei östlichem Winde gefallen) gaben 33,31 Volumina Gas bei + 10° R. und bei dem Barometerstand = 26. 10. 2. Dieses Gas war gemengt aus:

Sauerstoffgas	10,23
Kohlensäuregas . . .	0,37
Stickgas	22,81
	33,31.

1000 Volumina des Westschnees gaben 34,09 Vol. Gas, gemengt aus:

Sauerstoffgas	10,27
Kohlensäure	0,35
Stickgas	23,47
	34,09.

Beide Gase verhielten sich mithin fast gleich, nämlich 30procentig an Sauerstoffgas und 1procentig an kohlensaurem Gase.

[107]) *Gasgehalt des Regenwassers*, von Lampadius; J. f. pr.

Digitized by Google

ferner völlig überein mit den früher von Humboldt und Gay-Lussac ausgeführten; er fand nämlich in dem Gasgemenge des erstern 30,70 und in dem letztern durchschnittlich 30,0 Volumprocente Sauerstoffgas; ausserdem bestimmte Lampadius auch die Kohlensäuremenge dieser Luft und fand in der aus dem Schnee 1,21, in der aus dem Regenwasser aber 3,9 Volumprocente Kohlensäuregas. Die von Lampadius hinsichtlich der Absorption von Sauerstoff durch den schmelzenden Schnee gemachten Erfahrungen stimmen überein mit der Beobachtung Boussingault's, der eine Luft analysirte, welche sich aus dem Schnee von Chillapullu durch Schmelzen in einer Flasche entwickelt hatte und in 100 Theilen nur 17,01 Sauerstoffgas enthielt [108]), — und werden ebenfalls durch die von Bischof [109]) mitgetheilte Analyse der aus den Eislöchern des Lammern-Gletschers emporsteigenden Luftblasen bestätigt, indem diese nach der Untersuchung dieses Chemikers im Mittel aus 10,22 Theilen Sauerstoffgas und aus 89,78 Theilen Stickgas zusammengesetzt waren. — In der aus dem Thau erhaltenen Luft fand Lampadius [110]) einen

---

Ch. VI. 376—377. — 1000 C. C. des bei einem starken Gewitterregen am 1. August 1835 gefallenen Wassers gaben:

Sauerstoffgas	9,71	C. C.
Stickgas	20,49	„ „
Kohlensaures Gas	0,80	„ „
	31,00	C. C.

Das entwickelte Gas enthielt mithin nach Maassprocenten in 100: Sauerstoffgas 31,29, Stickgas 66,12, kohlens. Gas 2,69. — 38 Maass des am 23., 24. und 25. December 1835 zum Theil etwas feucht gefallenen, feinkörnigen und grossen flockigen Schnees gaben die reichliche Menge von 9¼ Maass Wasser. 1000 C. C. dieses Wassers lieferten:

Sauerstoffgas	7,50	C. C.
Stickgas	17,00	„ „
Kohlensaures Gas	1,00	„ „
	25,50	C. C.,

welche procentisch gemischt waren aus: Sauerstoffgas 29,4, Stickgas 66,6 und kohlensaurem Gase 3,9.

[108]) Boussingault; s. J. f. pr. Ch. X. 88; Pogg. Ann. XXXVII. 266.

[109]) *Ueber das Gas, welches sich aus den Eislöchern der Gletscher entwickelt*, von Bischof; Pogg. Ann. XXXVII. 266—267. Die von Boussingault u. A. beobachtete Absorption von Sauerstoffgas beim Schmelzen des Schnees findet auch Anwendung auf die mit Wasser gefüllten Eislöcher auf den Gletschern. Indem nämlich dieses Wasser in das Gletschereis eindringt, verdrängt es die in den Poren desselben enthaltene atmosphärische Luft und absorbirt davon mehr Sauerstoff als Stickstoff. —

[110]) Lampadius; J. f. pr. Ch. VI. 377. 1835. „Dass der Gehalt des Thaues an kohlensaurem Gase grösser als der der Regen- und Schneewasser ist, habe ich schon früher bemerkt. Ich habe den Thau mehrmals von Gräsern in eine flache Porcellanschale abgestrichen und ihn theils von grossblättrigen Pflanzen gesammelt. Immer röthete derselbe bedeutend die Lakmustinctur und gab mit Barytwasser einen Niederschlag von kohlensaurem Baryt. Durch Wägung des letztern bestimmte sich der Gehalt des Thaues nach Maassprocenten zwischen 1,7 und 2,2." —

Digitized by Google

bedeutenden Gehalt an Kohlensäure, ganz übereinstimmend mit den Resultaten der von Julia de Fontenelle[111]) über die Gase des Thau's der Moräste von Cercle, im Departement de l'Aude, ausgeführten Analyse.

Es geht also aus dem Angeführten hervor, dass das Gas, welches das Wasser im normalen Zustande aufgelöst zu enthalten pflegt, durchschnittlich ungefähr 31 Volumprocente Sauerstoffgas einschliesst. Unter gewissen Umständen, auf welche Morren[112]) zuerst aufmerksam gemacht hat, wird jedoch die Zusammensetzung dieses Gases gänzlich verändert, und der Sauerstoffgehalt desselben

---

[111]) Siehe oben S. 39, Anmerkung 74.

[112]) *Ueber den Einfluss, welchen das Licht und die organische grüne, oft in stehenden Gewässern enthaltene Substanz auf die Qualität und Quantität der Gase ausüben, welche diese Gewässer enthalten*, von Morren; Ann. de Ch. et de Ph. III. Sér. t. I. p. 456 ff. u. XII. 8 u. ff. — Die Resultate der Untersuchungen Morren's sind kurz folgende: Die stehenden Gewässer enthalten Gase, deren Zusammensetzung unter dem Einfluss des Sonnenlichtes und von grünen Thierchen sehr veränderlich ist; der Stickstoff allein variirt sehr wenig; dagegen die Kohlensäure und der Sauerstoff um so mehr, je lebhafter das auffallende Sonnenlicht ist. An den heissesten und schönsten Tagen ist die Sauerstoffbildung am schnellsten und am lebhaftesten; zuweilen kann dieselbe in den schönen Frühlingstagen sich ebenso hoch erheben wie im Sommer; aber hierzu gehören viele auf einander folgende schöne Tage; im Sommer ist ein einziger Tag hinreichend. Das Maximum der Sauerstoffbildung, welches gewöhnlich bei 56 und 57 Procent stehen bleibt, kann sich bis auf 61 erheben. — Der Sauerstoff und die Kohlensäure scheinen in einem umgekehrten Verhältniss zu einander zu stehen, welches sich daraus erklären lässt, dass, unter dem Einfluss des Sonnenlichtes, die grünen, monadenartigen Thierchen die im Wasser aufgelöste Kohlensäure zersetzen und den Kohlenstoff absorbiren; der dadurch frei gewordene Sauerstoff wird vom Wasser aufgelöst. Diese Sauerstoffbildung ist am geringsten bei Sonnenaufgang und am grössten im Sommer bei 4 bis 5 Uhr Abends. Bedeckter Himmel und kaltes, regnigtes Wetter macht, dass diese Erscheinungen verschwinden. Wenn die Thierchen verschwinden, dann hört auch das Maximum der Sauerstoffbildung auf; indessen hat Morren bei ferneren Untersuchungen bemerkt, dass in dem süssen Wasser, selbst bei Abwesenheit der Thierchen, mit der zunehmenden Intensivität des Sonnenlichtes auch eine merkliche Vermehrung des aufgelösten Sauerstoffes stattfindet, aber allerdings bei weitem nicht so bedeutend wie in jenem Falle. Der gebildete Sauerstoff fliesst in die Atmosphäre; dies Phänomen findet Tag und Nacht beständig Statt, am Tage mit wachsender Kraft; in der Nacht dagegen vermindert sich die Entwicklung mehr und mehr. In dem Wasser der Flüsse, deren Lauf schnell ist, sind die angeführten Erscheinungen schwierig nachzuweisen. So entfernt sich der Sauerstoffgehalt des Wassers der Loire, welche schnell über einen sandigen Grund dahinfliesst, wenig von der Normalzahl 32 Procent. In der Marne dagegen, welche langsamer fliesst und zuweilen die Wiesen überschwemmt, können die Schwankungen beträchtlich sein, und Morren hat am 8. Juni 1835 gefunden, dass der Sauerstoffgehalt bis zu 18 Procent gesunken war, welches beinahe der einzige Fall war, in welchem er eine so kleine Zahl fand. Auch konnten in der That damals eine grosse Anzahl, besonders der grösseren Fische, nicht mehr in diesem Wasser leben, sondern starben.

Digitized by Google

kann zuweilen bis zu 61 Proc. steigen; und auf der andern Seite, ungeachtet das Wasser beständig mit der atmosphärischen Luft in Berührung bleibt, bis auf 25 Proc. und darunter sich vermindern. Morren fand nämlich, dass dies häufig bei stehenden Wassern, Teichen, der Fall war, und in diesem Falle sah er gewöhnlich dieses Wasser angefüllt mit thierischen und vegetabilischen Substanzen von grünlichem Aussehen. Ein Versuch z. B. ergab am Morgen in der Luft des Wassers eines Fischteiches in der Nähe der Stadt d'Angers 25, gegen Mittag 48 und um 5 Uhr Abends 61 Procente Sauerstoff. Das Volumen der aufgelösten Luft war veränderlich und vermehrte sich beträchtlich mit der Menge des Sauerstoffes; der Stickstoff verhielt sich constanter; die Kohlensäure variirte ebenfalls. Er überzeugte sich, dass das Sonnenlicht bei diesen Erscheinungen eine Hauptrolle spiele, aber dass dieses nicht die einzige Ursache sei, sondern dass die Hauptquelle dieser Veränderungen eben in jener grünen Materie zu suchen sei, welche in der That die Eigenschaft hat, unter dem Einfluss des Sonnenlichtes die Bildung des Sauerstoffes zu bewirken und in der Dunkelheit Kohlensäure auszuhauchen; wie jenes schon Sennebier[113]) bei einer grünen, confervenartigen Materie wahrgenommen hatte. Morren fand, dass diese grüne Materie, unter dem Mikroskop betrachtet, aus einer Menge von kleinen grünen, infusorienartigen Thierchen bestehe, die also ganz wie Vegetabilien hinsichtlich der Bildung und Zersetzung der Kohlensäure sich verhalten. War diese grüne Materie verschwunden, so erhob sich der Sauerstoffgehalt allerdings auch im Laufe des Tages ein wenig, aber ohne jemals 33 bis 34 Proc. zu überschreiten, ungeachtet der Himmel ohne Wolken war und folglich das Sonnenlicht frei wirken konnte. Nachdem Morren in den Jahren 1836 und 1837 diese Erscheinungen bekannt gemacht hatte, fand Levy[114]), wie wir bereits oben angeführt haben, dass der Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft über dem Meere einigen geringen Schwankungen unterworfen sei, und er hält es für nicht unwahrscheinlich, dass diese mit jenen bedeutenden Schwankungen in der Zusammensetzung des Gasgemenges, welches vom süssen Wasser aufgelöst ist, einerlei Ursache haben könnte. In Folge dieser Vermuthung hat Morren[115]) seine Untersuchungen

---

[113]) Sennebier: *Ueber die grüne Materie, welche man in den mit Wasser angefüllten Gefässen, wenn sie dem Lichte ausgesetzt werden, findet; sowie über die Natur der Conferven und Tremellen, und ihre Eigenschaft, Sauerstoffgas an der Sonne zu entwickeln* (Journ. de Phys. t. V. und VI); Scher. Journ. VIII. 173—208. 1802.

[114]) Levy, siehe S. 19, Anmerk. 40.

[115]) *Untersuchungen über die Luft, welche das Meerwasser zu den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten aufgelöst enthalten kann*, von Morren; Ann. de Ch. et de Ph. III. Sér. XII. 5—56. 1844. Morren stellt Folgendes als Resultat seiner Forschungen auf: 1) Das Meerwasser an den Küsten von Saint-Malo löst sowohl im Winter wie im Frühling weniger atmosphärische Luft auf als die süssen Wasser.

Digitized by Google

auch auf die vom Meerwasser aufgelösten Gase ausgedehnt und auch hier nicht unbeträchtliche Schwankungen bemerkt, wenn das Meer ruhig und das Wetter heiter war; bei bedecktem Himmel jedoch war der normale Sauerstoffgehalt, wie gewöhnlich, 32 bis 33 Proc., aber nach einer Reihe von schönen heissen Tagen konnte derselbe bis auf 39 Procente steigen, und der Unterschied zwischen dem ungünstigsten und dem günstigsten Tage betrug 31 und 39 Proc. An solchen Stellen, wo das Wasser in einzelnen Vertiefungen während der abnehmenden Fluth zurückbleibt und wo eine üppige Vegetation sich entwickeln konnte, waren die äussersten Gränzen des Sauerstoffgehaltes noch beträchtlicher, so dass $5\frac{1}{4}$

Für diese variirt die Menge des aufgelösten Gases von $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{5}$ und selbst bis zu $\frac{1}{3}$ ihres Volumens. 2) Unter den normalen Verhältnissen enthält das süsse Wasser (wie das vollkommen mit Luft gesättigte destillirte Wasser oder das klare Wasser eines hinlänglich starken Stromes) eine Sauerstoffmenge aufgelöst, welche 32 Procent beträgt; die der Kohlensäure variirt zwischen 2 bis 4 Procent. Bei dem Meerwasser ist unter denselben Umständen und in dem erstern wie in dem zweiten Falle, mit Voraussetzung eines bedeckten Himmels, gewöhnlich die Menge der aufgelösten Kohlensäure = 9 bis 10 Procent und die Sauerstoffmenge = 33 Procent. 3) Das Meerwasser enthält unter dem Einflusse des Sonnenlichtes, selbst wenn es in Bewegung ist, eine veränderliche Menge von Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff. Diese Schwankungen sind deutlicher, wenn das Meer ruhig ist. 4) Nach mehreren auf einander folgenden schönen Tagen vergrössert sich die Menge des aufgelösten Gases, und diese erreicht ihr Maximum an den hellsten und heitersten Tagen. 5) Der Sauerstoff und die Kohlensäure stehen in einem umgekehrten Verhältniss zu einander; aber die Zahlen, welche diese Schwankungen ausdrücken, sind nicht dieselben oder bilden keine constante Summe. 6) Die Gränzen, innerhalb welcher die aufgelösten Sauerstoffmengen variiren, an dem dunkelsten und ungünstigsten Tage in Vergleich zu dem günstigsten, sind zwischen 31 und 39 Procent. Diese Zahlen drücken die Zusammensetzung der gleichen Gasvolumina aus, welche man unter beiden Umständen erhalten hat. Aber da bei schöner Witterung die Gasmenge, welche dasselbe Volumen Meerwasser einschliesst, bedeutend sich vermehrt, so kann man genauer sagen, dass $4\frac{1}{2}$ Liter Meerwasser, bei schlechter und bei guter Witterung, oder unter dem schwächsten und dem stärksten Einflusse des Lichtes, eine Sauerstoffmenge enthalten, die zwischen $29^{c.c.},70$ und $53^{c.c.},60$ variirt; Gränzen, die, wie man sieht, weit mehr als die früheren auseinander weichen. 7) An den seichten Stellen, wo das Meerwasser nicht bewegt ist und wo eine üppige Vegetation sich entwickelt, sind diese Gränzen noch mehr auseinander gerückt, denn, in Cubikcentimetern ausgedrückt, betragen sie für den Sauerstoff $20^{c.c.},78$ und $76^{c.c.},04$. 8) Man bemerkt auch bei der aufmerksamsten Beobachtung des freien Meerwassers nicht die Gegenwart von mikroskopischen Thierchen in irgendwie bedeutender Anzahl. 9) Wenn das Meerwasser reich ist an aufgelöstem Sauerstoffgase, so geht dies in die umgebende Atmosphäre über. 10) In dem Wasser der seichten Stellen, wo die Vegetation üppig ist, ist die Bildung und folglich die Entwicklung von Sauerstoff beträchtlich genug, dass man mittelst des Volta'schen Eudiometers, bei ruhigem, hellem Wetter und unter günstigen Verhältnissen des Lichtes, in der Luft nahe an der Oberfläche des Wassers eine grössere Sauerstoffmenge wird finden können, als gewöhnlich in der Atmosphäre vorhanden ist; denn sie beträgt bis zu 23 oder 24 Volumprocenten.

Digitized by Google

Liter Wasser von 20 bis zu 76,04 Cubikcentimeter Sauerstoff enthalten konnten. Die Gegenwart jener im süssen Wasser beobachteten Thierchen hat Morren im Meerwasser wenigstens nicht in beträchtlicher Anzahl auffinden können; er glaubt aber, dass bei ruhigem Wetter und unter günstigen Umständen die Sauerstoffentwickelung von der Art sein möchte, dass man nahe der Oberfläche des Wassers den Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft auf 23 bis 24 Volumprocente sich erheben sehen könnte.

Ganz vor Kurzem hat auch Levy [116]) eine Abhandlung bekannt gemacht, in welcher er seine Versuche mittheilt über die Beschaffenheit der von dem Meerwasser aufgelösten Luft. Die

---

[116]) *Untersuchungen über die Zusammensetzung des Gases, welches das Meer zu verschiedenen Zeiten des Tages aufgelöst enthält*, von B. Levy; Ann. de Ch. et de Ph. III. Sér. XVII. 5—23. 1846. Die mit dem Gas des Meerwassers ausgeführten Analysen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Tag.	Stunde.	Zustand des Himmels.	Winde.	Temperatur der Luft.	Barometer.	Schwefelwasserstoff in 1 Liter *).	Gasvolumen aus $4^{Lit.},45$.	Zusammensetz. in 100 Th.		
								Kohlensäure.	Sauerstoff.	Stickstoff.
1845.	h. m.			°	m	cc	cc			
26. Aug.	5. 45 Morg.	Unbed.	SO.	15,7	0,7651	0,35	86,4	13,7	33,5	52,8
— „	5. 30 Abd.	S. schön	ONO.	17,8	0,7668	0,35	88,5	12,0	34,3	53,7
27. „	3. 30 Morg.	Unbed.	N.	15,0	0,7677	0,26	88,7	16,6	33,1	50,3
— „	3. 35 Abd.	Unbed.	N.	17,3	0,7693	0,35	95,0	14,8	34,1	51,1
1. Spt.	6. 15 Morg.	Unbed.	W.	15,2	0,7683	0,26	95,6	16,4	32,8	51,0
— „	6. 00 Abd.	Unbed.	W.	16,5	0,7668	0,26	98,1	14,1	34,5	51,5
12. „	5. 00 Morg.	Bedeckt	NNW.	16,7	0,7628	0,26	89,9	18,9	32,9	48,2
— „	5. 00 Abd.	S. schön	N.	17,8	0,7628	0,35	93,0	17,2	33,5	49,3
13. „	5. 15 Morg.	Wolkig	SO.	11,8	0,7628	0,35	89,9	19,4	32,6	48,1

Man sieht aus dieser Tabelle, dass in der That die Menge des Sauerstoffs am Tage immer etwas grösser ist als in der Nacht, aber die Schwankungen sind nach diesen Versuchen lange nicht so beträchtlich, als Morren angiebt, sondern betragen nur 32,5 bis 34,4 anstatt 31 und 39 Proc.; oder nach Levy können $4^{Lit.},45$ Meerwasser zwischen $23^{cc},5$ und $29^{cc},1$, nach Morren dagegen 4½ Lit. zwischen $29^{cc},7$ und $53^{cc},6$ enthalten. Allerdings wurden die Versuche von Morren zu einer andern Jahreszeit angestellt, dies wird aber wohl keinen so grossen Unterschied in den Resultaten bewirken können. Die Stickstoffmenge ist denselben Schwankungen unterworfen wie die des Sauerstoffs; aber hier sind, wie bei der Kohlensäure, die Zahlen, welche diese Schwankungen ausdrücken, nicht immer dieselben. Die Menge des von Levy aufgefundenen Schwefelwasserstoffs schwankt für 1 Liter Wasser zwischen $0^{cc},25$ und $0^{cc},35$. Levy hat ferner das Gas analysirt, welches er in den Lachen (*flaques*) des Meeres fand, d. h. in den Höhlungen, in welchen beim Zurücktreten der Fluth etwas Wasser

---

*) Die Bestimmungen des Schwefelwasserstoffs sind mittelst des Sulfhydrometers von Dupasquier gemacht worden.

Digitized by Google

Resultate, welche sich aus diesen Untersuchungen, welche zu Langrune (Departement Calvados) angestellt wurden, ergeben, bestätigen die von Morren erhaltenen und so eben mitgetheilten. Das Meerwasser enthält im gewöhnlichen Zustande Gase, deren Zusammensetzung nur wenig variirt, obgleich die Menge des

---

zurückbleibt, welches in Folge von Fluth und Ebbe alle 24 Stunden sich erneuert. Diese Untersuchungen sind in 4 Gruppen getheilt: Die ersten beziehen sich auf eine solche Lache, in welcher weder Pflanzen noch Thiere vorhanden sind; die zweite auf eine solche, die grüne Algen; die dritte, welche braune Algen, und die vierte, welche Muscheln enthält.

Tabelle über die Analyse des Wassers der Lachen, die weder Pflanzen noch Thiere enthalten.

Tag.	Stunde.	Zustand des Himmels.	Winde.	Temperatur des Wassers.	Schwefelwasserstoff in 1 Liter.	Zusammensetz. in 100 Th.		
						Kohlensäure.	Sauerstoff.	Stickstoff.
1845.	h. m.			°	cc			
13. Spt.	3. 35 Abd.	Unbed.	NW.	21,3	0,26	16,9	32,7	50,4
14. „	3. 40 Morg.	Bedeckt	Windst.	15,0	0,39	17,4	32,4	50,2
16. „	5. 10 Abd.	Bedeckt	NO.	17,5	0,35	16,1	33,4	51,5
17. „	5. 10 Morg.	Bedeckt	OSO.	16,0	0,35	16,4	33,2	50,4
— —	5. 15 Abd.	Unbed.	SO.	18,3	0,35	15,9	33,5	50,6
19. „	5. 10 Morg.	Regen	OSO.	11,5	0,30	16,1	33,0	50,9
— —	5. 15 Abd.	S. schön	O.	15,2	0,35	15,7	33,6	50,7

Tabelle über die Analysen des Gases, welches aus dem Wasser der Lachen, die entweder grüne oder braune Algen enthielten, gezogen wurde.

Lachen, aus welchen das Wasser genommen wurde.	Tag.	Stunde.	Zustand des Himmels.	Winde.	Schwefelwasserst. in 1 Liter Wasser.	Zusammensetz. in 100 Th.		
						Kohlensäure.	Sauerstoff.	Stickstoff.
		h. m.			cc			
Lache, welche grüne Algen enthielt.	16. Spt.	5. 0 Abd.	Bedeckt	NO.	0,44	11,3	36,4	52,3
	17. „	5. 0 Morg.	Bedeckt	OSO.	0,35	18,2	31,3	50,5
	— „	5. 0 Abd.	Unbed.	SO.	0,39	9,6	38,0	52,4
Lache, welche braune Algen enthielt.	18. „	5. 35 Morg.	Schön	SO.	0,35	17,4	35,6	47,0
	— „	5. 30 Abd.	Unbed.	SO.	0,44	15,3	37,0	47,6
	20. „	5. 45 Morg.	Unbed.	SW.	0,48	17,9	35,1	47,0
	— „	5. 45 Abd.	S. schön	SW.	0,39	15,1	37,2	47,7

Man sieht aus dieser Tabelle, wie bedeutend die Vegetabilien auf die Menge des im Meerwasser aufgelösten Sauerstoffes einwirken; und zugleich, dass die Quantität des Schwefelwasserstoffs in dem Wasser der Lachen, wo sich die Algen befinden, merklich zunimmt. Bei der Untersuchung der atmosphärischen Luft über diesen Lachen hat Levy keine merkliche Abweichung von dem Normal-Verhältniss finden können, glaubt aber, dass dies dem Einfluss der Winde, welche während seines Aufenthaltes an der Küste des Meeres herrschten, zuzuschreiben sei.

Digitized by Google

Sauerstoffs stets am Tage ein wenig grösser ist als während der Nacht, und ausserdem enthält, nach Levy, das Meerwasser stets sehr deutlich eine gewisse Menge von Schwefelwasserstoff oder vielmehr schwefelwasserstoffsaurem Ammoniak; die Schwankungen des Sauerstoffes und des kohlensauren Gases werden bedeutender, wenn man das Meerwasser aus den einzelnen Lachen, die bei der Ebbe sich bilden, einer Untersuchung unterwirft, und diese Schwankungen sind abhängig von zweierlei Ursachen, einmal von dem

Analysen des Gases, welches aus dem Wasser der felsigten Lachen mit Muscheln, aber ohne Vegetation, erhalten worden war.

Tag.	Stunde.	Zustand des Himmels.	Winde.	Schwefelwasserstoff in 1 Liter.	Zusammensetz. in 100 Th. Kohlens. u. Schwefelwssrst.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Bemerkungen.
1845.	h. m.			cc				
13.Spt.	3. 30 Abd.	Unbed.	NW.	1,75	37,1	22,4	40,5	Die Lache war ziemlich gross und das Wasser sehr rein und klar.
14. „	3. 30 Morg.	Bedeckt	Windst.	1,49	45,5	12,5	42,0	
18. „	5. 15 Morg.	Schön	SO.	1,40	45,7	12,0	42,3	
— „	5. 15 Abd.	Unbed.	SO.	2,45	—	—	—	Die Lache war beträchtlich kleiner geworden.
19. „	5. 0 Morg.	Regen	OSO.	3,76	45,7	6,7	47,6	Die Lache war noch kleiner als am Abend vorher.
— „	5. 0 Abd.	S. schön	O.	7,34	51,3	1,2	47,5	Die Lache enthielt nur sehr wenig Wasser und war nicht ganz klar; es hatte eine etwas grünliche Farbe.
20. „	5. 30 Morg.	Unbed.	SW.	7,43	52,9	—	—	

Man sieht hier also die bedeutenden Schwankungen des Sauerstoffes nicht mehr von dem Einflusse des Sonnenlichtes abhängig, sondern allein von der Gegenwart einer veränderlichen Menge von schwefelwasserstoffsaurem Ammoniak in dem Wasser. Diese Einwirkung kann sogar den ganzen Sauerstoffgehalt zum Verschwinden bringen. Die Menge des schwefelwasserstoffsauren Ammoniaks schwankt zwischen 1cc,40 und 7cc,43 in 1 Liter Wasser und steht in einem bestimmten Verhältniss zu der Menge des in der Lache zurückbleibenden und allmählig verdunstenden Wassers. Die Bildung des schwefelwasserstoffsauren Ammoniaks ist gleichfalls aus der Wirkung der thierischen Materie auf die in dem Wasser enthaltenen schwefelsauren Alkalien zu erklären; diese nämlich werden zu Schwefelalkalien reducirt, welche wiederum durch die Kohlensäure zersetzt werden und Schwefelwasserstoff frei machen, welcher mit den durch Zerstörung thierischer Substanzen gebildeten Ammoniaksalzen schwefelwasserstoffsaures Ammoniak erzeugt, das im Wasser aufgelöst bleibt. In der That ist nicht freier Schwefelwasserstoff in dem Wasser vorhanden, sondern schwefelwasserstoffsaures Ammoniak.

Digitized by Google

Einflusse des Sonnenlichtes auf die Vegetation und namentlich die grünen Pflanzen, wodurch die Sauerstoffmenge auf eine merkliche Weise vermehrt wird, und dann von der Wirkung, welche die thierischen Substanzen auf die im Wasser des Meeres aufgelösten schwefelsauren Salze ausüben, wodurch, in Folge der Bildung von Schwefelwasserstoff und demnächst von schwefelwasserstoffsaurem Ammoniak, die Menge des in dem Meerwasser aufgelösten Sauerstoffs deutlich vermindert wird; dieses schwefelwasserstoffsaure Ammoniak nimmt zu an Menge mit der grösseren oder geringeren Quantität thierischer Substanzen, welche sich mit dem Wasser in Berührung finden, und die Wirkung, welche es auf den Sauerstoff ausübt, muss nothwendig damit in einem bestimmten Verhältniss stehen, wie dieses die Analysen in der That deutlich beweisen. Levy glaubt, dass diese Entdeckung auch den Geologen und Mineralogen einiges Interesse gewähren möchte, da man bekanntlich oftmals, wie z. B. in dem Mansfelder Kupferschiefer, vegetabilische und selbst thierische Ueberreste findet, die ganz in Schwefelkies umgewandelt sind, und erinnert an die auch schon von andern Chemikern nachgewiesene Thatsache, dass dieser Schwefelkies ähnlichen Verhältnissen seinen Ursprung verdanken möchte, wie er sie bei seinen Untersuchungen über die seichten Stellen im Meere, wo Muscheln sich vorfinden, gefunden hat. Wir erinnern hier noch zum Schluss an eine von Forchhammer[117]) mitgetheilte Abhandlung über den Einfluss der Fucus-artigen Pflanzen auf die Formationen der Erde, in welcher er nachweist, wie namentlich der bedeutende Schwefelgehalt der Fucusarten durch deren Fäulniss, wenn sie in Berührung treten mit eisenhaltigem Wasser, die Bildung von Schwefelkies zu veranlassen im Stande ist.

Rückblick.

Es wird nicht ohne Interesse sein, auf die im Vorhergehenden mitgetheilte historische Darstellung der Untersuchungen über die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft einen kurzen Rückblick

---

[117]) *Ueber den Einfluss der Fucus-artigen Pflanzen auf die Formationen der Erde; über den Metamorphismus im Allgemeinen und insbesondre über die Metamorphose des scandinavischen Alaunschiefers*, von G. Forchhammer; J. f. pr. Ch. XXXVI. 385—412. S. 395: „Wenn die Seegräser in dem Zustande ihrer Zersetzung mit Eisenoxyd in Berührung kommen, so verbindet sich der Schwefel durch doppelte Zersetzung mit dem Eisen zu Schwefelkies, während der Sauerstoff mit dem Kalium, Natrium und Calcium sich verbindet. Diese Zersetzung kann man sehr schön an der westlichen Küste der Insel Bornholm in der Ostsee beobachten, wo eine Eisenquelle aus dem untern Oolith in eine kleine Bucht der See sich ergiesst, wo eine grosse Menge von Fucus vesiculosus beständig an die Küste geworfen wird u. s. w.“ —

Digitized by Google

zu werfen, um uns deutlich den Standpunkt zu vergegenwärtigen, auf welchem unsere Kenntnisse von der chemischen Beschaffenheit der Atmosphäre sich gegenwärtig befinden und von welchem aus in der Zukunft unsere Forschungen zur Lösung wichtiger Fragen müssen fortgesetzt werden.

Wir sahen, wie man zuerst, als man anfing, die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft zum Gegenstand chemischer Untersuchungen zu machen, in Folge der Unvollkommenheit der eudiometrischen Mittel und Instrumente, bedeutende Schwankungen annahm, die man dem Einfluss des thierischen und vegetabilischen Lebens oder irgend einer andern unbekannten Ursache zuschrieb; und wenn auch einzelne Forscher, wie Parrot, Saussure, Davy und namentlich De Marti, Cavendish, Berger und Gay-Lussac, für den Sauerstoffgehalt der Luft eine unveränderliche oder doch nur unbedeutenden Schwankungen unterworfene Zahl fanden, welche mit der jetzt in Folge vielfältiger Analysen mit Hülfe von vollkommneren Instrumenten gefundenen und allgemein angenommenen fast völlig übereinstimmt, — so kann man doch erst seit 1805, als Humboldt und Gay-Lussac, veranlasst durch die Untersuchungen Berthollet's, neue zahlreiche Versuche anstellten, das constante Verhältniss zwischen dem Sauerstoff und Stickstoff in der Atmosphäre als entschieden nachgewiesen betrachten, ein Verhältniss, dessen Richtigkeit seit dieser Zeit viele Beobachter bestätigten, bis endlich in neuester Zeit wiederum, aber nur unter gewissen localen Umständen, Schwankungen beobachtet wurden, die erst mit Hülfe der von Dumas und Boussingault vervollkommneten eudiometrischen Methode aufgefunden werden konnten. Dalton hatte schon 1802 eine Theorie aufgestellt, nach welcher er annahm, dass in einem Gemenge von Gasen jede Gasart gleichsam eine Atmosphäre für sich bilde, frei gravitire und nur von ihrer eignen Dichtigkeit und Temperatur abhänge, und dass deswegen also das Verhältniss des Sauerstoffes zum Stickstoff nach einem gewissen Maassstabe immer mehr abnehmen müsse, je mehr man sich in der Atmosphäre selbst in die Höhe erhebe; eine Theorie, die aber keineswegs durch die Beobachtungen Saussure's, Configliachi's, Gay-Lussac's und besonders durch die sorgfältigen auf dem Faulhorn von Brunner ausgeführten Analysen bestätigt wurde und somit wieder aufgegeben werden muss. Durch Dumas veranlasst, haben mehrere Chemiker in neuester Zeit an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten des Jahres genaue Analysen der atmosphärischen Luft vorgenommen und fast vollkommen übereinstimmende Resultate erhalten; jedoch ist zu bemerken, dass der Unterschied der gefundenen Zusammensetzung der Luft zu Brüssel z. B. von der auf dem Faulhorn beobachteten grösser ist, als dass er einer Ungenauigkeit der angewandten Methode zugeschrieben werden könnte; ob diese Schwankungen wirklich und unter welchen Umständen sie stattfinden, darüber kann erst mit Sicherheit entschieden werden, wenn

Digitized by Google

man eine hinlängliche Anzahl von Luftanalysen an verschiedenen Orten, zu verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen Umständen wird ausgeführt haben. Die von Levy in der Seeluft gefundenen Schwankungen im Sauerstoffgehalte werden von ihm, wie von Morren, durch die Entwickelung von Sauerstoff aus dem Meerwasser bei der Gegenwart thierischer oder vegetabilischer Organismen erklärt, eine Deutung, deren Richtigkeit durch fernere Untersuchungen zu bestätigen oder zu verwerfen, ebenfalls noch der Zukunft vorbehalten bleibt.

Ueber den dritten nothwendigen Bestandtheil der atmosphärischen Luft, die Kohlensäure, besitzen wir wenige zuverlässige Untersuchungen. Gay-Lussac und Humboldt hatten hierüber nicht genügende Versuche angestellt, und trotz der grossen Menge der von Saussure ausgeführten Analysen hat man durchaus noch keine genaue Kenntniss von der Regelmässigkeit oder der Unregelmässigkeit der in den Verhältnissen derselben beobachteten grösseren oder geringeren Schwankungen und über deren naturgemässe Ursachen. Dasselbe ist der Fall mit den wohl mehr zufälligen oder unwesentlichen Bestandtheilen der atmosphärischen Luft, von denen das von Boussingault in derselben aufgefundene Kohlenwasserstoffgas allerdings eine allgemeinere Verbreitung zu haben scheint; die Untersuchungen über diesen Gegenstand wie über andere geringe Beimengungen der Atmosphäre, die zum Theil organischen, zum Theil unorganischen Ursprungs sind, stehen noch zu sehr vereinzelt da, als dass man, wie es vielleicht künftig bei einer aufmerksameren Verfolgung und gründlicheren chemischen Prüfung dieser und ähnlicher Gegenstände möglich sein wird, aus denselben Schlüsse und Folgerungen zu ziehen im Stande wäre, die zur Erklärung von meteorologischen und physiologischen Erscheinungen wesentlich beitragen könnten.

Aus den in diesem Abschnitte berührten Untersuchungen über die chemische Beschaffenheit der atmosphärischen Wasser haben wir ersehen, dass diese stets, ausser den gasförmigen Haupt- und Nebenbestandtheilen der atmosphärischen Luft, fast durchgängig eine nicht unbeträchtliche Menge von festen erdigen Körpern, welche stets in der Luft als fein vertheilte Stäubchen schweben und der Erde namentlich durch Winde entrissen sind, derselben wiederum zuführen und auf diese Weise oftmals zur Beförderung des vegetabilischen Lebens wesentlich beitragen. Die ungewöhnlichen Beimengungen des Regens oder Schnees, die man manchmal zu beobachten Gelegenheit hat, sind selten Gegenstand einer näheren chemischen Betrachtung gewesen; jedoch scheint aus den vorhandenen Notizen so viel hervorzugehen, dass der sogenannte rothe Schnee seine Farbe einer organischen Materie verdanke, dass dieselbe von Algen oder Infusorien herrühre, die unter besonderen, bisher noch nicht näher erörterten Umständen sich zu entwickeln vermögen; dass ferner die sogenannten rothen, gelben u. s. w. Staub- und Regenfälle theils organischen Substanzen, wie

Digitized by Google

Blüthenstaub, ihre Färbung verdanken, zum Theil auch unorganischen Körperchen, die, durch Stürme und Wirbelwinde von der Erde in die höhern Gegenden der Atmosphäre gehoben und mit den Wolken fortgetrieben, oftmals in weiter Entfernung von dem Orte, wo sie gebildet wurden, auf die Erde wiederum niederfallen.

Die Zusammensetzung der Luft, welche die atmosphärischen Wasser sowohl, wie alle andern Wasser enthalten, ist ebenfalls zuerst von Humboldt und Gay-Lussac genau erforscht worden; die von ihnen gefundene Thatsache, dass das Wasser eine Luft enthalte, deren Zusammensetzung unter den gewöhnlichen Umständen constant sei und welche eine bei weitem grössere Quantität Sauerstoff enthalte als die atmosphärische Luft, wurde durch alle späteren Untersuchungen vollkommen bestätigt; nur unter gewissen Umständen ist diese Zusammensetzung der vom Wasser aufgelösten Luft bedeutenden Schwankungen unterworfen, und diese sind abhängig, wie Morren zuerst nachwies, hauptsächlich von dem Einfluss der in dem Wasser befindlichen grünen vegetabilischen und auch thierischen Substanzen, die nämlich unter dem Einfluss des Sonnenlichtes die Menge des Sauerstoffes in dem Wasser bedeutend zu vermehren im Stande sind, während auf der andern Seite nach Levy's neueren Forschungen die Bildung von schwefelwasserstoffsaurem Ammoniak in dem Meerwasser bei Gegenwart von sich zersetzenden thierischen Substanzen mit einer beträchtlichen Abnahme der vom Wasser aufgelösten Sauerstoffmenge in Verbindung zu stehen scheint. Durch dieses Verhalten des Meerwassers erklären sich diese beiden Chemiker die von Levy gefundenen Schwankungen in der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft über dem Meere, nahe der Oberfläche des Wassers. Jedenfalls möchten diese interessanten Forschungen die Veranlassung werden zu vielfältigen weiteren Untersuchungen über diesen oder ähnliche Gegenstände und aus solchen vergleichenden Versuchen Resultate sich ergeben, die über die Wechselwirkung zwischen der Atmosphäre und der organischen Lebensthätigkeit auf unserm Erdkörper ein immer helleres Licht verbreiten würden.

Digitized by Google

Zweiter Abschnitt.

Bildung und Zusammensetzung der Ackerkrume.

Digitized by Google

Digitized by Google

I. Entstehung der Ackerkrume.

A. Unorganische Bestandtheile.

Die Beobachtungen der Geognosten zeigen uns, dass die Erdrinde, soweit deren Beschaffenheit bisher das menschliche Auge hat erforschen können, aus mannigfaltigen, theils über einander lagernden, geschichteten, theils krystallinisch-massigen Gebirgsarten zusammengesetzt ist, deren Bildung und Hervortreten an die Oberfläche verschiedenen Perioden in der Geschichte der Erdentwickelung angehören; Hypothesen, die sich diesen Beobachtungen anschliessen, führen uns ferner auf einen Uranfang der Dinge zurück, auf einen Zustand, wo alle Elemente in einem feurig-flüssigen Chaos mit einander gemengt waren. Erst durch Ausstrahlung von Wärme, durch ein allmähliges Erkalten der obersten Massen, erstarrten diese nach und nach und bildeten eine feste krystallinische Kruste um einen feurig-flüssigen Kern, der noch oftmals die an Dicke und Festigkeit erst allmählig zunehmende Schale durchbrach und durch Spalten und Risse seine feurigen Substanzen an die Oberfläche sandte, wo auch diese fest wurden, indem die Elemente nach den Gesetzen der chemischen Verwandtschaften zu bestimmten Verbindungen sich vereinigten, die als krystallinische Körper sich ausschieden und als solche die Gemengtheile der Felsmassen bilden, welche man mit dem Namen der *Urgebirge* oder *primitiven Gesteine* belegt hat. Aus diesen uranfänglichen Felsmassen, wie aus den Gesteinen, die von Zeit zu Zeit aus dem Innern der Erde hervorbrachen, haben sich alle jene Formationen, welche wir in ihren über einander geschichteten Lagern den festen Theil dieses Gestirns zusammensetzen sehen, bilden müssen, von den geschichteten Gebirgen der Ur- und Uebergangsperiode an bis herab zu den tertiären Gebilden und den Bildungen der Gegenwart. Um aber aus ihrem festen, krystallinischen Zustande in jene erdigen und amorphen Massen, aus denen grossentheils die geschichteten Gebirgsarten bestehen, sich umwandeln zu können, sind mannigfaltige Einflüsse nothwendig gewesen, Einflüsse, die wir bei aufmerksamer Beobachtung vor unsern Augen noch täglich operiren

Digitized by Google

sehen und die wir auch hier einer nähern Betrachtung für werth halten, da durch deren Zusammenwirken auch die festesten und härtesten Massen allmählig, freilich oft erst in unermesslich langen Zeiträumen, zu Staub zerfallen und auf diese Weise ein Boden bereitet wird, auf dem die Entwickelung einer Vegetation möglich ist und der das Gedeihen derselben in hohem Grade befördert, weil er den Pflanzen die auflöslichen mineralischen Stoffe zuführt, die zu ihrem gesunden Wachsthum durchaus unentbehrlich sind. Die Agentien, vor deren unausgesetzten zerstörenden Wirkung die Structur und der Zusammenhang der festen Gesteine zu nichte wird, sind zweierlei Art; es sind theils *mechanische*, theils *chemische* Einflüsse, die, wenn sie auch in der Natur oft und in der Regel zu gleicher Zeit wirken und thätig sind, hier, der Klarheit und bessern Uebersicht wegen, einzeln erörtert werden mögen.

Das wichtigste aller Mittel, durch welche die mechanischen Kräfte auf die Zerstörung der Gesteine sich äussern, ist das *Wasser*. Dieses dringt in die Spalten und Risse der Felsen, die sich bei dem Erstarren und allmähligen Zusammenziehen der ursprünglich flüssigen Steinmassen gebildet haben müssen, hinein und bewirkt schon als solches, indem es auf die Wände jener Risse und Spalten, die nach Art der Haarröhrchen eine grosse Anziehungskraft zum Wasser haben, einen starken Seitendruck ausübt, das allmählige Auseinanderfallen der festen Gesteine; eine Wirkung, welche noch dadurch bedeutend beschleunigt wird, dass das Wasser durch die Kälte des Winters gefriert, durch die hierbei stattfindende Ausdehnung die Spalten auseinander treibt und neue Risse bildet, so dass endlich bei dem Schmelzen des Eises die Gebirge ihre Stützpunkte verloren haben und mächtige Blöcke von der Hauptmasse des Felsens sich ablösen und am Fusse desselben wiederum theils von der Gewalt der an ihnen sich brechenden Wogen, theils durch die schon angedeuteten Ursachen in immer kleinere Stücke sich theilen, bis sie endlich, zu feinem Sand und Gruus zermalmt, von den Strömungen des Wassers von dem Orte, wo sie als eine zusammenhängende Masse gebildet und aus dem Innern der Erde hervorgestossen wurden, fortgeführt und in grösserer oder geringerer Entfernung als secundäre Lager wieder abgesetzt werden. So führen die reissenden Gebirgsströme oftmals grosse Massen von Felsstücken, Sand und Thon mit sich in die Thäler hinab, wo am Fusse der Gebirge die grösseren Steine sich ablagern, bis auch sie durch die fortdauernde Einwirkung der Gewässer in feinen Kies, Sand und Thon verwandelt sind, als solcher weit fortgerissen und endlich mit dem Wasser der Flüsse in den Ocean hinausgestossen werden, wo sich diese Wasser entweder auf dem Boden des Meeres ablagern, oder von den constanten oder durch anhaltende Winde bewirkten abwechselnden Strömungen an die Küsten des festen Landes getrieben werden und hier als Sandmassen und Thonschichten die Fläche des trocknen Landes allmählig vergrössern und je nach der Beschaffenheit

Digitized by Google

des abgesetzten Erdreiches öde Sandflächen oder fruchtbare Marschfelder bilden. Auf ähnliche Weise werden, wenn gegen die Pole der Erde zu sich die Gletscher und Eisfelder bis zur Meeresfläche herab ausdehnen, durch das Losbrechen dieser Eismassen im Frühjahre grosse Quantitäten von kleineren oder grösseren Felsstücken durch die Strömungen des Meeres oft Hunderte von Meilen weit in heissere Gegenden hinabgetrieben, um hier bei dem Schmelzen des Eises die Veranlassung zu werden zu Ablagerungen, deren Material die Polargegenden geliefert haben. An manchen Stellen, und in früheren Perioden der Erdentwickelung wahrscheinlich häufiger als jetzt, haben auch Niveauveränderungen, namentlich solche, die von gewaltigen Erderschütterungen begleitet waren, in hohem Grade die Zerstörung der festen Gesteine bewirkt, und ganze Gebirgsmassen mögen einst auf diese Art zersplittert und die Trümmer derselben über grosse Flächen hin verbreitet worden sein. — Wo Vegetabilien auf der Fläche eines Felsens sich eingefunden haben, da tragen auch diese zur Zerbröckelung und Zerstörung des Gesteines bei, ihre Wurzeln dringen in die Risse und Spalten ein und erweitern diese, indem sie selbst durch die Kraft der Vegetation allmählig an Länge und Umfang zunehmen, bis endlich die Klüfte sich so sehr vergrössern, dass mächtige Steinmassen ihren Halt- und Schwerpunkt verlieren, sich ablösen und in die Thäler hinabstürzen, wo sie, wiederum neuen zerstörenden mechanischen und chemischen Kräften ausgesetzt, auf dem Wege der Zersplitterung und Zersetzung immer weiter vorwärtsschreiten, um ihrer Bestimmung, nämlich einen, das Gedeihen von Pflanzen, Thieren und Menschen befördernden Boden zu bilden, immer mehr entgegen gehen [1]).

Gleichzeitig mit den mechanischen Kräften und wichtiger als diese treten die *chemischen* Kräfte auf, um die festen Gesteine

---

[1]) Es ist hier nicht der Ort, in Betreff der angedeuteten Zerstörung fester Felsmassen durch die mechanischen Wirkungen des Wassers und der Luft Beispiele mitzutheilen und anzuführen, welche Massen von Schlamm und Kies nach ungefährer Berechnung von den Flüssen jährlich in den Ocean hinausgeführt werden, wie grosse Strecken fruchtbarer Marschländer allmählig sich bilden, oder an andern Stellen durch die Gewalt der Wogen die Küsten untergraben, zerstört und bedeutende Theile des festen Landes abgerissen und vom Meere überschwemmt werden, wie noch jetzt die vulkanische Thätigkeit an manchen Orten der Erdoberfläche zerstörend auf die Beschaffenheit derselben einwirkt u. s. w. — Wichtiger erscheint es uns, hier etwas *näher auf die chemische* Beschaffenheit der Gebirgsmassen selbst und ihrer *Zersetzungsproducte* einzugehen, und zugleich ein kurzes Bild der verschiedenen, die Oberfläche der Erde zusammensetzenden Formationen zu entwerfen, indem diese auf die Beschaffenheit der Ackerkrume selbst, deren Bildung wir hier zu betrachten haben, bedeutenden Einfluss ausüben. Wir werden bei dieser kurzen Darstellung zunächst die krystallinischen Gebirgsarten betrachten, welche keineswegs immer die ältesten Bildungen der Erdoberfläche ausmachen, sondern zuweilen bis in die neueste Periode der Erdgeschichte hineinreichen, — und sodann auch einen Blick werfen auf die geschichteten Formationen, von den Ur- und Uebergangsbildungen an bis herab zu der gegenwärtigen Zeit.

Digitized by Google

zu zerstören, aufzulösen in einfachere Verbindungen und neue Vereinigungen der Elemente zu bewirken, die als solche für die Er-

A. Krystallinische Gesteine.

Der *Granit* bildet namentlich die Hauptmasse der höheren Berge des Harzes, des Erz-, Riesen- und Fichtelgebirges, des Böhmer- und Schwarzwaldes u. s. w., und besteht seinen Hauptgemengtheilen nach aus Quarz, Feldspath und Glimmer. Der *Quarz* ist in seinen verschiedenen Varietäten fast reine Kieselerde, die nur durch zufällige Gemengtheile, wie Eisenoxyd, Manganoxyd u. s. w., verunreinigt erscheint; er widersteht meistens den zersetzenden Einflüssen der Atmosphäre und findet sich in der Ackerkrume als sandiger Bestandtheil derselben wieder, als welchen man ihn gewöhnlich durch Schlämmen leicht von den übrigen Gemengtheilen, wie Thon, organischen Resten u. s. w., abscheiden und so seiner Menge nach bestimmen kann. Von allen Mineralien, die in die Zusammensetzung der Gebirgsarten eingehen, ist für die Bildung der fruchtbaren Ackererde bei weitem das wichtigste der *Feldspath*, der je nach seinem Gehalte an Kali, Natron und Kalk und seinen damit in Verbindung stehenden Eigenschaften die Namen Orthoklas, Albit, Oligoklas, Labrador u. s. w. führt. In den Hauptvarietäten hat man das folgende quantitative Verhältniss der Bestandtheile gefunden (Abich: Geologische Beobachtungen über die vulkanischen Erscheinungen und Bildungen in Unter- und Mittel-Italien, I. B. 1. Lief. S. 7.):

	Orthoklas.	Albit.	Oligoklas.	Labrador.
Kieselerde . . .	65,72	— 69,36	— 62,61	— 53,48
Thonerde . . .	18,57	— 19,26	— 24,11	— 26,46
Eisenoxyd . . .	Spur	— 0,43	— 0,30	— 1,60
Manganoxyd . .	Spur	— „	— „	— 0,89
Kalkerde . . .	0,34	— 0,46	— 2,74	— 9,40
Talkerde . . .	0,10	— „	— 0,55	— 1,74
Kali	14,02	— ?	— 0,75	— 0,22
Natron	1,25	— 10,50	— 8,89	— 4,10.

Formel $= \dot{R}\ddot{S}i + \dot{R}\ddot{S}i^3$; $\dot{R}\ddot{S}i + \dot{R}\ddot{S}i^3$; $\dot{R}\ddot{S}i + \dot{R}\ddot{S}i^2$; $\dot{R}\ddot{S}i + \dot{R}\ddot{S}i$.

Der Feldspath ist es hauptsächlich, der einer verhältnissmässig schnellen Verwitterung ausgesetzt ist; diese wird beschleunigt, wo heisse Wasser unter einem starken Drucke auf denselben einwirken, wie es namentlich nach den Beobachtungen von Forchhammer (Pogg. Ann. XXXV. S. 347 ff.) mit dem Geiser auf Island der Fall ist; es finden sich nämlich in dem Wasser dieser heissen Quelle die Bestandtheile der Natronfeldspathe und Magnesia-Silikate wieder, welche die Gemengtheile der vulkanischen Gesteine bilden, die jenes durchbricht; 28 Unzen nämlich des Geiserwassers enthielten nach den Analysen Forchhammer's:

Gips	0,453
Schwefelsaures Natron } Magnesia }	0,827
Kochsalz	2,264
Natron	1,767
Kieselerde	5,506,

und der Geisersinter, ebenfalls nach Forchhammer's Analyse:

Wasser	4,498
Magnesia	0,605
Kali (Natron)	0,527
Kalk	0,402
Eisenoxyd	1,092
Thonerde	1,754
Kieselerde	48,167
	57,045.

Digitized by Google

nährung von organischen Wesen von Bedeutung sind und das Bestehen dieser und ihr Gedeihen erst möglich machen. Das Wasser nämlich wirkt nicht allein durch die Kraft seiner Masse

---

Der Berg, welcher ganz nahe am grossen Geiser liegt, besteht aus Phonolith, und Robert (Ueber den Ursprung der in den Mineralwässern von Island enthaltenen Kieselsäure, von Eugen Robert [Compt. rend. XIII. 931], J. f. pr. Ch. XXV. 377—78) fand auf dem Abhange desselben deutliche Spuren einer alten und mächtigen Mineralquelle, und das dortige Gestein hatte Aehnlichkeit mit einer Art Kaolin, während der Phonolith sonst allenthalben durch den Einfluss der Luft kaum bemerkbare Veränderungen erlitten hatte; der wasserfreie und unveränderte Phonolith enthielt nun 72,3 p. C. Kieselsäure, während das veränderte Gestein nur 65,8 p. C. enthielt. Es ist also klar, dass die in den Mineralwässern von Island enthaltene aufgelöste Kieselsäure von dem Phonolith, Dolerit, Basanit und den übrigen Felsarten herrührt und durch die Wirkung der hohen Temperatur, die bis zu 124° C. sich erhebt, vom Wasser aufgenommen wird.

Dass diese Zersetzung auch in der Natur unter den gewöhnlichen Witterungsverhältnissen vor sich geht, haben Wiegmann und Polstorf auch auf künstlichem Wege bewiesen, indem sie weissen Sand, der alkalihaltige Mineralien enthielt, mit Königswasser auskochten und nach dem Auswaschen mit kohlensäurehaltigem Wasser einen Monat lang in Berührung liessen; nach dieser Zeit konnten sie in der Flüssigkeit deutlich einen Gehalt von kiesel- und kohlensaurem Kali, wie auch von Kalk und Talkerde nachweisen, welche Substanzen also durch Zersetzung der Gemengtheile des Sandes in einen auflöslichen Zustand mussten versetzt worden sein. Nach Forchhammer ferner zersetzt sich der Feldspath bei seiner Verwitterung in Kaolin und auflösliches kieselsaures Kali nach der folgenden Formel:

Von 3 At. Feldspath $= \ddot{A}l^3\ddot{S}i^9 + \dot{K}^2\ddot{S}i^3$
nach Abzug von Kaolin $= \ddot{A}l^3\ddot{S}i^4$

bleiben $\dot{K}^2\ddot{S}i^8$.

Die Formel des Kaolins $= \ddot{A}l^3\ddot{S}i^4 + 6\dot{H}$ leitet Forchhammer (a. a. O.) aus einer Reihe von Analysen ab, von denen einige die folgenden mit der Formel übereinstimmenden Resultate gaben:

	Schneeberg.	Meissen.	Halle.
Kieselsäure	44,29	46,46	46,80
Thonerde	37,57	36,37	36,83
Eisenoxyd	„	1,22	3,11
Kohlens. Kalk	0,30	1,47	0,55
Kali	„	„	0,27
Rückstand	5,12	„	„
Wasser	13,02	13,61	12,44.

Nach Mitscherlich (Lehrb. II. B. I. Abth. S. 215) unterscheidet man deutlich in dem zersetzten Porphyr bei Morl, besonders wenn man ihn etwas anfeuchtet, die zersetzte Grundmasse, welche weiss, und den zersetzten Feldspath, welcher gelblich aussieht. Es besteht

	die zersetzte Grundmasse aus:	der zersetzte Feldspath aus:
Kieselsäure	87,93	60,68
Thonerde	9,27	37,31
Eisenoxyd	1,20	1,25
Kalkerde	0,27	0,12
Kali	1,53	0,65.

Brogniart und Malaguti (J. f. pr. Ch. XVII. S. 118 und XXXI. S. 129—160) haben die vielfach gefundenen Abweichungen in den

und seiner physikalischen Eigenschaften, sondern zugleich auch durch die chemische Beschaffenheit seiner Bestandtheile. Quellen dringen aus der Erde hervor und üben in Folge ihres oft bedeuten-

---

Resultaten auch der rationellen Analysen der Porcellanerde dadurch zu erklären gesucht, dass sie die Formel $\ddot{Al}^2\ddot{Si}^2 + 3\,Aq$ annehmen, und dass die Substanz häufig noch mit mehr oder weniger chemisch ausgeschiedener Kieselerde vermengt sei, eine Annahme, welche durch meine Untersuchungen des zersetzten Feldspaths aus dem Porphyre von Halle nur theilweise Bestätigung gefunden hat (J. f. pr. Ch. XXXIV. 221—233).

Die Porcellanerde in ihrem chemisch reinen oder mit unzersetztem Feldspath und Quarzsand gemengten Zustande kommt nur an primärer Lagerstätte vor, an solcher Stelle nämlich, wo sie durch die Verwitterung des anstehenden Gesteins gebildet worden ist; bei weitem die meisten Thonablagerungen finden sich auf secundären Lagern, auf welche sie von andern mehr oder weniger entfernten Orten zusammengespült worden sind; diese secundären Thone sind deswegen auch immer mit fein zertheilten Verwitterungsproducten anderer Gesteine vermengt und verunreinigt, mit kohlensaurem Kalke, mit eisen-, mangan- und magnesiahaltigen Mineralien und andern Verbindungen, welche in ihrer Gemeinschaft gewöhnlich ein fruchtbareres Erdreich bilden, als die Bodenarten, die in ihrer Zusammensetzung einfacher sind und eine geringere Anzahl von Gemengtheilen enthalten. Der dritte Hauptgemengtheil des Granits ist der *Glimmer*; er widersteht mehr wie der Feldspath den chemischen Einflüssen der Atmosphäre, wird aber wegen seiner Weichheit und grossen Blättrigkeit leicht mechanisch zerrieben und findet sich häufig als feine Blättchen, aber chemisch unverändert, im Sande, Thon oder in der Ackererde wieder, wo er nur sehr allmählig in einfachere Verbindungen sich auflöst und namentlich sein Alkaligehalt von den Pflanzen aufgenommen und assimilirt wird. Nach den Analysen von H. Rose (Rammelsberg: Handwörterbuch des chemischen Theils der Mineralogie, S. 261 ff.) finden sich in dem Glimmer folgende Bestandtheile:

	Kaliglimmer (zweiaxiger).		*Magnesiaglimmer* (einaxiger).
Kieselsäure	47,50	— 46,10 —	— 40,00
Thonerde	37,20	— 31,60 —	— 12,67
Eisenoxyd	3,20	— 8,65 —	— 19,03
Manganoxyd	0,90	— 1,40 —	— 0,63
Talkerde	„	— „ —	— 15,70
Kali	9,60	— 8,39 —	— 5,61
Flussäure	0,56	— 1,12 —	— 2,10
Wasser	2,63	— 1,00 —	— „
Eisenhaltige Titansäure	„	— „ —	— 1,63.

Formel $= \dot{K}\ddot{Si} + 4\left\{\begin{matrix}\ddot{Al}\\ \ddot{Fe}\end{matrix}\right\}\ddot{Si}$; $\left\{\begin{matrix}\dot{K}^3\\ \dot{Mg}^3\\ \dot{Fe}^3\end{matrix}\right\}\ddot{Si} + \left\{\begin{matrix}\ddot{Al}\\ \ddot{Fe}\end{matrix}\right\}\ddot{Si}$.

Die mehr unwesentlichen und selteneren Gemengtheile des Granits finden sich ebenfalls häufig, entweder im unzersetzten oder im zersetzten Zustande, auf secundären Lagerstätten wieder; so besteht nach Forchhammer z. B. der so häufige gelbe Thon Dänemarks und anderer Länder seiner Hauptmasse nach aus dem durch Verwitterung aus dem Feldspath entstandenen Kaolin, während der Glimmer und Quarz unverändert jenem zum Theil beigemengt sind, zum Theil mit jenem abwechselnde Sandlager bilden, und das in dem skandinavischen Granite gleichfalls vorkommende Magneteisen und Titaneisen als Eisenoxyd und Titanoxyd sich in dem Thone nachweisen lassen.

Digitized by Google

den Kohlensäuregehaltes einen zersetzenden Einfluss aus auf die Gesteine, namentlich auf die alkalihaltigen Mineralien, indem sie diese in einfachere Verbindungen zerlegen, die theils löslich sind,

---

Eine Abänderung des Granits ist der *Gneis*, gleich häufig und verbreitet wie jener, ebenfalls aus Quarz, Feldspath und Glimmer bestehend und nur durch seine schiefrige Structur von ihm sich unterscheidend. Der Gneis ist offenbar ein metamorphosirtes Gestein, ursprünglich aus den Zersetzungsproducten des Granits gebildet und schichtenweise als Thonschiefer, vielleicht gemengt mit Glimmer und Quarz, vom Wasser abgelagert; erst später wurde er durch abermaliges Einwirken des unterirdischen Feuers und wahrscheinlich unter gleichzeitiger Sublimation und Cementation von Alkali wieder in einen halbflüssigen Zustand gebracht, in welchem die chemischen Verwandtschaften wieder thätig wurden und dieselben krystallinischen Mineralien, aus deren Zersetzungsproducten der Schiefer bestand, wiederum sich bilden konnten, ohne dass jedoch die ganze Masse flüssig genug wurde, um die schiefrige Structur derselben gänzlich verschwinden zu lassen. Da die Bestandtheile des Gneises denen des Granits analog sind, so sind auch die Zersetzungsproducte dieselben; nur zerfällt der Gneis wegen seiner schiefrigen Beschaffenheit leichter noch in Gruus und Sand, die darauf in einen fruchtbaren Boden nach und nach verwandelt werden; namentlich bieten in Granit- und Gneisgegenden die Thäler den Anblick einer freudigen und üppigen Vegetation dar, indem die Producte der Verwitterung von den Bergen und Hügeln durch den Regen in die Vertiefungen herabgespült werden und hier zur Bildung einer guten Ackererde die Veranlassung geben.

Wenn aus dem Granit und Gneis der Glimmer verschwindet und das Gefüge kleinkörnig und dicht wird, so wird das Gestein *Granulit* oder *Weissstein* genannt und ist ebenso wie die so eben betrachteten Gebirgsarten den zerstörenden Einwirkungen der Atmosphäre unterworfen. Alle angeführten Gesteine, namentlich aber der Gneis, enthalten sehr häufig als freilich meistens unwesentlichen Gemengtheil *Granat*, der der Verwitterung sehr lange widersteht und meistens in dem Sande der Flüsse und des Meeres oder auf Sandlagern unverändert sich wiederfindet, wie der edle Granat im Oriente, der Pyrop in Böhmen u. s. w. Seine Zusammensetzung ist gefunden worden (Rammelsberg a. a. O. S. 274):

	Kalkgranat. (Gmelin.)	*Eisengranat.* (Karsten.)	*Mangangranat.* (Seybert.)
Kieselsäure	40,01	— 37,15	— 35,83
Thonerde	23,00	— 18,08	— 18,06
Kalkerde	30,57	— 0,36	— „
Eisenoxyd	3,67	— „	— „
Eisenoxydul	„	— 31,30	— 14,93
Talkerde	„	— 10,15	— „
Manganoxydul	„	— 0,36	— 30,96
Kali	0,59	— „	— „
Glühverlust	0,33	— „	— „
Formel =	$\dot{Ca}^3\ddot{Si} + \dot{Al}\ddot{Si}$;	$\dot{Fe}^3\ddot{Si} + \dot{Al}\ddot{Si}$;	$\dot{Mn}^3\ddot{Si} + \dot{Al}\ddot{Si}$.

	Talkgranat. (Trolle-Wachtmeister.)	*Kalk-Eisengranat.* (V. dems.)	*Pyrop.* (V. dems.)
Kieselsäure	42,45	— 37,993	— 43,70
Thonerde	22,47	— 2,712	— 22,40
Talkerde	13,43	— „	— 5,60
Kalkerde	6,53	— 30,740	— 6,72
Eisenoxydul	9,29	— „	— 11,48
Manganoxydul	6,27	— 1,615	— 3,68
Eisenoxyd	„	— 28,525 Chromsaures Chromoxyd	6,52.

Digitized by Google

wie kohlensaures oder zum Theil auch kieselsaures Alkali, theils auch unlöslich, wie der Kaolin und ähnliche Zersetzungsproducte der Fossilien. Auf diese Weise verlieren der Feldspath und Glimmer ihr glänzendes

---

Der Granat findet sich ferner häufig auch in dem *Glimmer-*, *Chlorit-* und *Thonschiefer* eingesprengt. Wenn aus dem Granit der Glimmer und Quarz verschwinden und statt derselben Hornblende auftritt, erhält die Felsart den Namen *Syenit* und bildet als solcher bedeutende Berge in Schlesien, im Harz, im Erzgebirge, im Badenschen und an andern Orten. Der Quarz zeigt sich in dem Syenit entweder gar nicht oder doch nur selten und in geringer Menge. Die Hornblende enthält folgende Bestandtheile (Rammelsberg a. a. O. S. 308 ff.):

	Tremolit. (v. Bonsdorf.)	*Strahlstein.* (Ders.)	*Gemeine Hornblende.* (Ders.)	(Kudernatsch.)
Kieselsäure	60,10	— 59,75	— 48,83	— 49,07
Kalkerde	12,73	— 14,25	— 10,16	— 10,33
Talkerde	24,31	— 21,10	— 13,61	— 20,29
Eisenoxydul	1,00	— 3,95	— 18,75	— 9,77
Manganoxydul	0,47	— 0,31	— 1,15	— „
Thonerde	0,42	— „	— 7,48	— 9,24
Flussäure	0,83	— 0,76	— 0,41	— „
Wasser	0,15	— „	— 0,50	— „

Formel = $\dot{Ca}\,\ddot{Si} + \dot{Mg}^3\,\ddot{Si}^2$.

Besonders die eisenhaltigen Abarten der Hornblende verwittern ziemlich leicht, indem das Eisenoxydul höher oxydirt und zum Theil als Hydrat sich ausscheidet, zum Theil als kohlensaures Eisen von den atmosphärischen Wassern aufgenommen und fortgeführt wird; ein Theil des Eisens bleibt jedoch, mit dem aus dem Feldspath gebildeten Thone gemengt und durch diesen vor der oxydirenden Einwirkung der Atmosphäre geschützt, als Oxydul zurück und giebt in diesem Zustande dem sogenannten blauen Lehm, der allenthalben im aufgeschwemmten Lande und in tertiären Bildungen mit dem gelben Lehm abwechselnd so häufig vorkommt, seine Farbe und seinen Namen.

Wenn statt des gewöhnlichen Feldspaths der Albit mit der Hornblende zusammen auftritt in einem krystallinisch körnigen Gesteine, so führt dies Gemenge den Namen *Diorit* oder *Grünstein*, oder wenn das Gefüge sehr feinkörnig oder fast dicht wird, *Aphanit*. Die angeführten Gebirgsarten gehen, je nachdem ihr Korn oder ihre Structur und die Mengenverhältnisse ihrer Gemengtheile sich etwas ändern, in *Aphanitschiefer, Hornblendeschiefer, Hornblendegestein, Dioritschiefer* u. s. w. über. *Dolerit (Augitgrünstein)* dagegen heisst ein ähnliches Gemenge, in welchem der feldspathige Bestandtheil gewöhnlich der Labrador ist, während als Analogon der Hornblende der Augit sich vorfindet. Der *Augit* bildet eine Varietäten-Reihe, die derjenigen der Hornblende völlig analog ist; die Bestandtheile dieser Mineralien sind qualitativ ganz übereinstimmend und weichen in ihren quantitativen Verhältnissen nur sehr wenig von einander ab, wie die im Folgenden mitgetheilten Analysen beweisen (Rammelsberg a. a. O. I. S. 58 ff.):

Thonerdefreie Augite.

	Kalk-Talk-Augit. (H. Rose.)	*Kalk-Eisen-Augit.* (H. Rose.)	*Kalk-Mangan-Augit.* (Berzelius.)	*Eisen-Mangan-Augit.* (Thomson.)
Kieselsäure	54,64	— 49,01	— 48,00	— 42,40
Kalkerde	24,94	— 20,87	— 3,12	— „
Talkerde	18,00	— 2,98	— 0,22	— „
Eisenoxydul	1,08	— 26,08	— „	— 6,76
Manganoxydul	2,00	— Spur	— 49,04	— 50,72.

Digitized by Google

Aussehen und ihre krystallinische Structur, sie werden matt, bröckelig und zerfallen endlich zu einem feinen Staub, aus welchem die auflöslichen alkalischen Theile durch die atmosphärischen

Thonerdehaltige Augite.

	Augit. (Kudernatsch.)	*Diallag.* (Köhler.)	*Hypersthen.* (Muir.)
Kieselsäure	50,11	— 53,707	— 51,348
Kalkerde	18,66	— 17,065	— 1,836
Talkerde	15,72	— 17,552	— 11,092
Eisenoxydul	7,55 }	— 8,079	— 33,924
Manganoxydul	„ }		
Thonerde	6,68	— 2,825	— 2,000
Wasser	„	— 1,040	— 0,500.

Die allgemeine Grundformel des Augits und seiner Abänderung, wenn man den Gehalt an Thonerde unberücksichtigt lässt, ist $\dot{R}^3 \ddot{S}i^2$. Die Augitkrystalle sind demselben Verwitterungsprocess unterworfen, wie die Hornblende und andere Mineralien. Rammelsberg (a. a. O. S. 68) hat einige Zersetzungsproducte des Augits analysirt, nämlich: 1) die in eine *gelbe* thonige Masse verwandelten Augite aus der Gegend von Bilin; 2) die *weissen*, gelblich- oder röthlich-weissen kleinen Augitkrystalle vom Vesuv, welche oft noch einen grünlichen oder grauen Kern in weniger zersetztem Zustande einschliessen; 3) die *grünen* Afterkrystalle von Augit (Grünerde) aus dem Fassathale. — Die Resultate dieser Analysen waren folgende:

	1.	2.		a.		b.
Kieselsäure . . .	60,626	— 85,34		45,87		39,48
Thonerde . . .	23,085	— 1,58		11,18		10,31
Eisenoxyd . . .	4,207	— 1,67	-oxydul	24,63		15,66
Kalkerde . . .	1,275	— 2,66		1,50	Talkerde . . .	1,70
Talkerde. . . .	0,910	— 1,70		0,28	Kohlens. Kalk	15,24
Wasser	9,124	— 5,47		9,82	Eisenoxyd. . .	8,94
			Alkali	6,72	Alkali } Wasser } . . .	8,67.

„Die Mischung der Krystalle von Bilin nähert sich (zufällig) sehr einem neutralen Silikat. Die Basen des Augits, Kalk- und Talkerde, sieht man fast vollkommen extrahirt, aber auch ein Theil Kieselsäure muss ihnen gefolgt sein, da die Menge der Thonerde gegen jene sich so sehr vermehrt hat. Bei den vesuvischen Krystallen wurden alle Basen, selbst die schwächere Thonerde, fortgenommen, unzweifelhaft eine Folge der am Vulkan sich bildenden stärkeren Säuren. Die Krystalle aus dem Fassathale bieten ihrer Natur nach viel Räthselhaftes dar. Sie treten selbst an schwache Säuren oft einen beträchtlichen Antheil ab, hauptsächlich aus kohlensaurem Kalk und Eisenoxyd bestehend, zuweilen enthalten sie jedoch keinen Kalk mehr. Ihr Alkaligehalt lässt sich aus dem, was wir über die Mischung der Augite wissen, nicht erklären (s. Rammelsberg a. a. O. und Pogg. Ann. XLIX. 387)."

Der Dolerit geht häufig über in *Augitfels*, *Hypersthenfels*, *Gabbro*, *Mandelstein* und endlich in den Basalt. Im *Basalt* ist das Feldspath-Mineral in der Regel ganz verschwunden; er besteht aus einem meistens dichten Gemenge von Augit und einem zeolithartigen, wasserhaltigen Körper, in welcher Masse häufig Labrador, Olivin, Magneteisenstein und andere Mineralien in deutlichen Krystallen oder sehr fein und unkenntlich eingesprengt vorkommen. Der Unterschied zwischen dem Dolerit und Basalt ist also hauptsächlich in dem Wassergehalt des letztern zu suchen. Gmelin hat zuerst die verschiedenen Gemengtheile des Basalts durch ihr verschiedenes Verhalten gegen Säuren von einan-

Digitized by Google

Wasser grösstentheils ausgewaschen sind; so wird auch der Augit, die Hornblende, der Epidot u. s. w. zerstört, indem die kohlensäurehaltigen Wasser das Eisen, welches grossentheils erst aus

---

der zu scheiden versucht, eine Methode, die nach ihm Löwe und Girard ebenfalls befolgt haben. Die Analysen ergaben für die Zusammensetzung des Basalts (Rammelsberg a. a. O. S. 79 ff.):

Zersetzbarer (zeolithischer) Theil.

	Gmelin. (61,54 p. C.)	Löwe. (Zeolith.)	Girard. (Derselbe.)
Kieselsäure	35,741	— 39,13	— 40,652
Thonerde	11,121	— 29,00	— 30,237
Manganoxyd	1,487	— „	— „
Kalkerde	11,914	— 10,52	— 5,839
Strontianerde	0,112	— „	— „
Talkerde	10,434	— „	— 0,828
Eisenoxydoxydul	16,015	— „	— „
Natron	3,264	— 13,92	— 10,852
Kali	1,204	— 1,43	— 1,931
Wasser	6,530	— 7,93	— 8,687

Unzersetzbarer Theil.

	Gmelin. (38,46 p. C.)	Löwe.	Girard.
Kieselsäure	48,500	— 47,98	— 47,042
Thonerde	6,792	— 9,10	— 9,338
Eisenoxyd	9,383	-oxydul 16,51	— 13,849
Manganoxyd	0,436	— „	— „
Kalkerde	17,395	— 14,41	— 12,764
Talkerde	13,131	— 12,97	— 15,172.

Die von Löwe und Girard ausgeführten Analysen stimmen bis auf den Kalkgehalt recht gut überein. Löwe berechnet für den zeolithischen Theil des Basalts die Formel $\left.\begin{matrix}\dot{Ca}^3\\ \dot{Na}^3\end{matrix}\right\}\ddot{S}i+2\ddot{A}l\ddot{S}i+3\dot{H}$, welche Formel jedoch sich nicht an die Zusammensetzung irgend einer bekannten Zeolithgattung anschliesst. Dagegen nimmt Girard an, dass der in Säuren lösliche Theil ein Gemenge sei von zwei Mineralien, nämlich von Mesotyp und Nephelin zu gleichen Theilen; er berechnet die Mengen der einzelnen Mineralien folgendermaassen:

Mesotyp	22,686
Nephelin	22,686
Magneteisen	6,370
Augit	48,256.

Einen olivinhaltigen Basalt von Suhl hat Petersen analysirt und für seine Gemengtheile folgende Verhältnisse aufgestellt:

Zeolith	47,16
Olivin	36,91
Magneteisen	17,04.

Der Basalt verwittert, wie alle Eisenoxydul-haltigen Gesteine, zunächst dadurch, dass das Eisen sich höher oxydirt und aus seinen Verbindungen heraustritt; im Ganzen jedoch verwittert der Basalt langsam, wenn er nicht etwa viel Feldspath enthält; er zerfällt jedoch allmählig zu einer lockern, lehmigen, mehr oder weniger dunkel gefärbten Masse, die schon wegen des bedeutenden Alkaligehaltes der Substanzen, aus denen sie gebildet ist, dem Pflanzenwachsthum einen fruchtbaren Boden darbietet.

Der Feldspath bildet als Hauptgemengtheil noch eine andere wich-

Digitized by Google

Oxydul in Oxyd durch den Sauerstoff der Luft und des Wassers verwandelt wird, als kohlensaures Eisenoxyd auflösen oder in

---

tige Gebirgsart, nämlich den *Porphyr*, der aus einem dichten Gemenge von Feldspath und Quarz in abweichenden Verhältnissen besteht, in welchem deutliche Krystalle von Quarz und gemeinem Feldspath und häufig zu gleicher Zeit auch von Albit oder Oligoklas vorkommen. Der rothe Porphyr von Halle besteht nach einer von mir ausgeführten Analyse aus (J. f. pr. Ch. XXXIV. 196):

Kieselerde	75,62
Thonerde	10,04
Eisenoxyd	3,67
Kalkerde	0,54
Kali	4,16
Natron	3,86
Glühverlust	1,10.

Man kann diese Bestandtheile so zusammengruppirt betrachten, dass für die Gemengtheile folgende Verhältnisse sich ergeben:

Kalifeldspath	25,03
Natronfeldspath	32,72
Quarziger Bestandtheil	36,59
Eisenoxyd, Kalk u. s. w., die Grundmasse verunreinigend	3,88.

Ganz dem von mir untersuchten rothen Porphyr analog fand schon früher Abich den *Trachyt-Porphyr* von Palmaroia, das porphyrartige Ganggestein von Ponza und von Zannone zusammengesetzt; der erstere z. B. besteht nach den Analysen Abich's aus 50 Proc. glasigem Feldspath, 25 Proc. Albit und 25 Proc. Kieselerde (Abich: Geolog. Beobachtungen über die vulkanischen Bildungen von Unter- und Mittelitalien, S. 19 und ff.).

Wenn der Quarz aus dem Porphyr verschwindet und der Augit als Hauptgemengtheil auftritt, während der gewöhnliche Feldspath häufig durch den Labrador ersetzt wird, so hat man den *Augitporphyr* oder *Melaphyr*, ein doleritisches Gestein. Der Porphyr ist bekanntlich sehr der Verwitterung ausgesetzt und dies um so mehr, je reicher er an Feldspath ist; durch Verwitterung des letztern bilden sich namentlich in dem Terrain des sogenannten rothen oder Feldsteinporphyrs mächtige Ablagerungen von reiner Porcellianerde; der Porphyr zerfällt anfangs in immer kleinere eckige Stücke, die zuletzt durch die fortdauernde Einwirkung der Atmosphäre sich zu einer thonigen, mehr oder weniger alkalihaltigen Masse auflösen, die, mit den Quarzkörnern des zersetzten Porphyrs vermischt, einen zum Gedeihen der Pflanzen sehr fruchtbaren Boden bildet.

Ein dem Basalt hinsichtlich seiner Zusammensetzung analoges Gestein ist der *Phonolith* oder Klingstein, der nämlich nach den Untersuchungen Gmelin's ebenfalls neben dem Feldspath einen zeolithischen Gemengtheil zu enthalten scheint. Gmelin fand nämlich in dem Phonolith von Abterode (Rammelsberg a. a. O. II. S. 54):

	Zerlegbarer Theil (Zeolith).			*Unzerlegbarer Theil* (Feldspath).		
	a. Frisch.	b.	Verwitt.	a. Frisch.	b.	Verwitt.
Kieselsäure	38,574	—	13,396	66,291	—	66,462
Thonerde	24,320	—	5,660	16,510	—	16,810
Eisenoxyd	11,346	—	63,396	2,388	—	2,989
Manganoxyd	2,194	—	11,132	0,896	—	0,172
Kalkerde	1,802	—	Spur	Spur	—	1,523
Natron	12,656	—	1,074	4,960	—	4,281
Kali	3,079			9,249	—	9,569
Titansäure	0,620	—	3,396			
Wasser	4,209	—	„			

Digitized by Google

anderer Verbindung mit der Kieselerde zurücklassen. In ähnlicher Weise wird auch der Kalk aufgelöst, denn auch dieser wird von den kohlensäurehaltigen Gewässern der Atmosphäre, der Quellen

---

Die Menge des auflöslichen Theiles aus dem frischen Phonolith betrug 15,84, während von dem verwitterten Gestein durch Säuren nur 4,21 p. C. aufgenommen wurden; der auflösliche Theil des frischen Gesteins besteht nach Gmelin aus Mesotyp, dessen Gehalt an Kieselsäure und Alkali beim Verwittern grossentheils als kieselsaures und kohlensaures Alkali zugleich mit dem Kalk und der Thonerde fortgeführt wird, während in der zurückbleibenden, durch Säuren auflöslichen Masse Eisenoxyd und Manganoxyd die Hauptbestandtheile ausmachen. Der von Säure nicht angreifbare Theil ist bei dem verwitterten, wie bei dem unverwitterten Gestein gleich zusammengesetzt und besteht aus einem Kali-Natronfeldspath; bei weiterer Zerstörung wird auch der Feldspath angegriffen und das Ganze also in eine thonige, mit verschiedenen Oxyden und Erden vermischte Masse verwandelt. Die Mengen der zwei Mineralien, welche den Phonolith zusammensetzen, sind nach den Beobachtungen Gmelin's sehr veränderlich, so dass zuweilen der Zeolith fast verschwindet, in welchem Falle die Felsart nur sehr wenig von Säuren angegriffen wird. Der zeolithische Bestandtheil scheint auch zuweilen ein Gemenge mehrerer Mineralien zu sein.

Der Phonolith bildet den Uebergang zu dem vulkanischen *Trachyt*gestein, welches nach Abich an manchen Orten offenbar in jenen übergeht (a. a. O. S. 38). In der sehr feinkörnigen, meist unbestimmt krystallinischen oder matt erdigen Grundmasse des Trachyts von meistens heller Färbung, geringer Härte und oft poröser Beschaffenheit tritt mit dem, als wesentlicher Bestandtheil nie fehlenden glasigen Feldspath häufig die mit dem Namen Kali-Albit bezeichnete Feldspathgattung auf. Die letztere erscheint meist nicht in deutlichen Krystallen, sondern als innig mit der Grundmasse verwachsene krystallinische Einmengung. Zufällige und seltenere Bestandtheile des Gesteins sind Augit, Magneteisen, Titanit, Glimmer, Hornblende; diese Mineralien, wie auch Quarz, in Körnern oder in derben Massen eingesprengt, finden sich nur sehr sparsam im wirklichen Trachyt. Der Trachyt vom Drachenfels im Siebengebirge, der die beiden erwähnten Feldspathgattungen von der Formel $\dot{R}\,Si + \dot{R}\,Si^3$ enthält, kann in jeder Hinsicht als eine wahre Normal-Felsart für den Begriff betrachtet werden und ist nach Abich (a. a. O. S. 29) zusammengesetzt:

	Grundmasse. 12,51 Proc.	Kali-Albit. 87,49 Proc.	Ganzes
Kieselerde	46,11	— 70,22	— 67,09
Thonerde	4,58	— 17,29	— 15,63
Magneteisen	29,88	— 0,82	— 4,59
Eisenhaltige Titansäure	2,95	— „	— 0,38
Kalkerde	3,33	— 2,09	— 2,25
Talkerde	4,66	— 0,41	— 0,97
Kali	1,58	— 3,71	— 3,56
Natron	1,47	— 5,62	— 5,07
Manganoxyd	1,22	— „	— „
Wasser, Chlor u. s. w.	2,96	— „	— 0,45.

„Das albitähnliche Mineral bildet hier den bei weitem überwiegenden Gemengtheil des ganzen Gesteins; der in Salzsäure lösliche geringe Antheil desselben kann als ein Gemenge von Magneteisen und einem Wasser enthaltenden Bisilicat der vereinigten Basen betrachtet werden. Dagegen zeigt die Felsart, als Ganzes berechnet, von Seiten ihres chemischen Bildes eine vollständige Analogie mit der Formel des

Digitized by Google

oder Flüsse angegriffen; Felsen werden untergraben und ausgehöhlt, so dass sie oftmals zusammenstürzen, wodurch die Oberfläche derselben immer mehr sich ebnet, indem die Thäler durch die

---

Feldspaths und Albits (Abich a. a. O.)." — In dem Phonolith, dessen in Säuren auflöslichen und gelatinirenden Gemengtheil Abich nach der Formel $\dot{R}^3\ddot{S}i^2 + 3\dot{R}\ddot{S}i + 1\frac{1}{2}\ddot{H}$, welche dem chemischen Bilde des Mesoliths am nächsten kommt, zusammengesetzt betrachtet, entspricht die Formel für den unzerlegbaren, zwei Drittel des Ganzen betragenden Gemengtheil dem glasigen Feldspath. Dagegen verhält sich bei dem Phonolith, als Ganzes betrachtet, der Sauerstoff der Basen zu dem der Kieselerde genau = 1 : 2 und der der Alkalien zur Thonerde wie 1 : 3; die einfachste Formel für die Zusammensetzung dieses Gesteins wäre also $\dot{R}\ddot{S}i + \ddot{R}\ddot{S}i^2$ oder die Formel des Oligoklas.

Aus dem Trachyt und Phonolith finden Uebergänge Statt in die eigentliche feldspathige *Lava*, die ebenfalls der Hauptmasse nach aus einem Feldspathmineral besteht, während mehr oder minder häufig Zeolith, Olivin, Augit und Magneteisen eingesprengt vorkommen. So fand Abich (a. a. O. S. 44) in der Lava vom Arso auf der Insel Ischia, die im Jahre 1301 ausgestossen wurde und ihrer chemischen Zusammensetzung nach der Lava von Monte nuovo, die 280 Jahre später hervordrang, sowie noch andern bisher untersuchten feldspathigen Laven sehr analog ist, folgende Bestandtheile:

	In Säure löslich. 17,98 p. C.	In Säure unlöslich. 82,02 p. C.	Ganzes berechnet.
Kieselerde	41,68	— 65,00	— 61,03
Thonerde	10,71	— 18,64	— 17,21
Eisenoxyd	23,13	— 0,83	— 4,84
Manganoxyd	0,38	— 0,13	— 0,17
Kalkerde	2,32	— 1,23	— 1,43
Talkerde	6,83	— 1,03	— 2,07
Kali	1,59	— 9,12	— 7,16
Natron	9,89	— 3,49	— 4,64
Wasser und Chlor	3,14	— „	— 0,56.

Bringt man die Talkerde als Olivin und den grösseren Theil des Eisengehalts als Magneteisen in Rechnung, so wird, nach Abich, der Ausdruck für den löslichen Gemengtheil $\dot{R}^3\ddot{S}i^2 + \dot{R}\ddot{S}i + \frac{1}{2}\ddot{H}$, während die Formel für den unlöslichen Gemengtheil als $\dot{R}^3\ddot{S}i^2 + 3\dot{R}\ddot{S}i^3$ eine bisher noch nicht beobachtete Feldspathzusammensetzung darstellt. Unter solchen Voraussetzungen kann man die Lava des Arso als ein inniges Gemenge von 84,45 Proc. Feldspath (worin 2 At. Kali auf 1 At. Natron), 3,61 Olivin, 9,22 Augit und 2,72 Proc. Magneteisen betrachten. Der Trachyt und die trachytischen Gesteine sind wegen ihrer feldspathartigen Zusammensetzung zur Verwitterung geneigt und bilden einen an Alkalien reichen und fruchtbaren Boden. Zur Gruppe der Trachytgesteine gehören ferner noch der *Obsidian*, *Bimstein*, *Perlstein* und der *Trachyttuff*. Die drei ersteren Gesteine sind chemisch und physikalisch eng mit einander verbunden. Abich (a. a. O. S. 62) hat eine grosse Menge Analysen von Bimsteinen und Obsidianen mitgetheilt, aus deren Resultaten wir hier das Folgende hervorheben: „Die beiden Zustände (der schaumige, schmutzig-weisse und graulich-grüne, und der faserig-haarförmige, weisse und seidenglänzende Bimstein) entsprechen zwei natürlichen Gruppen, in welche die ganze Bimsteinfamilie getheilt werden kann; für die verschiedenen Glieder der ersten Gruppe, mit Inbegriff der ihnen angehörigen Obsidiane, ergiebt sich, nach mittleren Werthen berechnet, das No. 1 angegebene chemische Bild, während No. 2 das der zweiten Gruppe darstellt."

Digitized by Google

sich ablösenden Steinmassen nach und nach sich ausfüllen. Die angedeutete Zerstörung fester Steinmassen wird bedeutend beschleunigt, wenn heisse, aus der Tiefe der Erde hervordringende

	No. 1.		No. 2.
Kieselerde	61,60	—	71,88
Kieselerde mit Titansäure	0,75	—	0,24
Thonerde	16,85	—	11,32
Eisenoxyd	5,23	—	3,94
Kalkerde	1,46	—	0,76
Talkerde	1,47	—	0,58
Kali	3,12	—	3,47
Natron	6,88	—	5,59
Chlor und Wasser	1,99	—	2,18.

Formel $= \dot{R}^3 \ddot{S}i^4 + 3\dot{R}\ddot{S}i^2 + \frac{1}{2}\dot{H}$; $\dot{R}\ddot{S}i + \dot{R}\ddot{S}i^3 + 5\ddot{S}i + 1\dot{H}$

Man sieht, dass die durchschnittliche Formel für beide Gruppen ziemlich annähernd mit der des glasigen Feldspaths (Ka Na) Si + Al Si³ übereinstimmt, sowie auch das durchschnittliche specifische Gewicht sämmtlicher Bimsteine und Obsidiane = 2,3909 dem des geschmolzenen glasigen Feldspaths = 2,4008 sehr nahe kommt. Im Einzelnen jedoch kann es natürlich chemisch sehr verschiedene Bimsteine und Obsidiane geben, je nachdem das Gestein beschaffen war, aus dem sie entstanden, und je nach den zufälligen Gemengtheilen, welche aus dem feldspathartigen Haupttheil in die Zusammensetzung der Masse eingehen.

Der *Pechstein* und der *Perlstein* (Sphärulith) gehören nach den Analysen von Erdmann in die zweite Gruppe der Bimsteine und Obsidiane, nämlich zu den an Kieselerde reicheren. Erdmann (Rammelsberg a. a. O. II. S. 40 und 44) fand in dem

	Pechstein.		*Perlstein.*
Kieselerde	75,600	—	72,866
Thonerde	11,600	—	12,050
Kalkerde	1,353	—	1,297
Eisenoxyd	1,200	—	1,750
Talkerde	6,690	—	1,100
Kali Natron	2,772	—	6,133
Wasser	4,733	—	3,000.

Abich (a. a. O. S. 89 ff.) hat ebenfalls eine Menge *Tuffe* oder vulkanische Aschen analysirt und fand für den Trachyttuff der Campi Flegraei und des Pausilipp je nach ihrem Wassergehalt die Formel:

In Säure

löslicher — unlöslicher Gemengtheil.

$\dot{R}\ddot{S}i + \dot{R}\ddot{S}i^2 + \dot{H}$ und $\dot{R}\ddot{S}i + \dot{R}\ddot{S}i^2 + 2\dot{H}$ $+ \dot{R}\ddot{S}i + \dot{R}\ddot{S}i^2$ und Trümmer von Augit ($\dot{R}^3\ddot{S}i^2$).

Basaltische Tuffe der Insel Vivara.

$\dot{R}\ddot{S}i + \dot{R}\ddot{S}i + 2\dot{H}$ oder $\dot{R}^2\ddot{S}i^2 + \dot{R}\ddot{S}i + \dot{H}$ $+ \dot{R}^3\ddot{S}i^2$.

„Die Formel, welche für den in Säure löslichen Bestandtheil der Tuffe von der trachytischen Gruppe gilt, ist die des Oligoklas und stimmt vollkommen mit dem chemischen Bilde überein, welches einzelne Varietäten der Bimsteine ausdrückt. Wir sind also zu dem Schlusse berechtigt, dass die Tuffe überhaupt keineswegs als rein mechanische Niederschläge partiell zersetzter Gesteine, etwa wie die Porcellanthone oder die Kaoline, zu betrachten sind, sondern dass sie nur, analog dem Obsidian, Bimstein und Perlstein, einen gewissen Uebergangszustand des Trachyts darstellen und in ihrer chemischen und physikalischen Be-

Digitized by Google

Gewässer auf die Gebirge einwirken, denn namentlich das heisse Wasser unter einem hohen Drucke ist, nach den Untersuchungen von Forchhammer, fähig, in weit kürzerer Zeit Zerstörungen

---

schaffenheit die Wirkungen der ganz eigenthümlichen Umstände erkennen lassen, unter welchen derselbe hier aus der Tiefe an die Oberfläche gelangte. So erscheinen uns Bimstein und Tuff wirklich nur als chemisch gleichartige, aber physikalisch verschiedene Glieder eines *Formationsganzen*, während die Zusammensetzung der Tuffe der Insel Vivara, deren Formel dem basaltischen Labrador mit Wasser, der Mesole entspricht, uns nöthigt, dieselben als basaltische Tuffe hier ganz auszuschliessen (Abich a. a. O. S. 93)."

In der *augitischen* oder *doleritischen* Lava von dem ungeheuren Strome, welcher 1669 einen grossen Theil von Catania zerstörte, fand Löwe (Rammelsberg a. a. O. I. S. 383) 24,89 p. C. durch Säuren zersetzbare Theile, und die Zusammensetzung analog der von Abich (a. a. O. S. 122) analysirten Lava von Stromboli aus dem Jahre 1836:

	Löwe.		Abich.
Kieselsäure	48,83	—	50,25
Thonerde	16,15	—	13,09
Eisenoxydul	16,32	—	10,55
Manganoxydul	0,54	—	0,38
Kalkerde	9,31	—	11,16
Talkerde	4,58	—	9,43
Natron	3,45	—	4,92.
Kali	0,77		

Es lassen sich nach diesen Analysen folgende Gemengtheile berechnen:

	Löwe.		Abich.	
Labrador	54,80	Proc.	48,18	Proc.
Augit	34,16	„	44,91	„
Olivin	7,98	„	„	„
Magneteisen	3,06	„	6,91	„

Alle im Vorhergehenden betrachteten Gebirgsarten sind ihren Hauptgemengtheilen nach sehr einfach zusammengesetzt; sie unterscheiden sich meistens nur durch die relativen Mengenverhältnisse der einzelnen Mineralien, sowie durch deren mehr oder minder deutlich krystallinisches Auftreten. Nimmt man keine Rücksicht auf den Quarz, der seiner einfachen Zusammensetzung wegen durch die Einwirkung der Atmosphäre keine chemische Veränderung erleidet, sondern nur mechanisch zerrieben wird und als Sandstein oder Sand in verschiedenen Ablagerungen sich wieder findet, so reduciren sich die die Erdrinde hauptsächlich zusammensetzenden krystallinischen Mineralien einerseits auf die verschiedenen Glieder der Feldspathfamilie, andrerseits auf die Species der Augit- und Hornblendefamilie, und namentlich sind es also die Zersetzungsproducte dieser Mineralien, die wir, *ausgehend von den ältesten* krystallinischen Bildungen der Erdoberfläche, *in herabsteigender Ordnung*, nebst dem kohlensauren Kalke, immer wiederfinden in den geschichteten Gebirgen der verschiedenen Formationen, die nach den Beobachtungen der Geognosten mit einander abwechselnd die feste Kruste der Erde zusammensetzen. So sehen wir auch in den tertiären Bildungen, wie in den Bildungen, die noch gegenwärtig vor unsern Augen sich entwickeln, Lager von gelbem und blauem Lehm mit Sand- und Kalkschichten abwechseln, und endlich werden wir in der fruchtbaren Ackererde nebst der kohlensauren Kalkerde auch die Bestandtheile des Feldspaths und des Augits oder der Hornblende wiederfinden. Betrachtet man die unorganischen Gemengtheile irgend einer fruchtbaren Acker-

Digitized by Google

und Verwitterungen zu vollenden, als die Feuchtigkeit und die Kohlensäure der Atmosphäre oder die Kohlensäure der atmosphärischen Wasser für sich allein dieses zu thun vermag. So ist fort

---

erde, so wird man treffen auf veränderliche Mengen von Kieselerde (als unlösliche Silicate und Quarzsand, wie auch aufgelöst durch das Mittel von Alkalien), Thonerde, Eisenoxyd, Eisenoxydul, Manganoxydul, Kalk, Magnesia, Kali, Natron, Ammoniak, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kohlensäure und Chlor. Die Mehrzahl dieser Substanzen finden sich gleichfalls in den verschiedenen Varietäten des Feldspaths, des Augits, der Hornblende und des Glimmers wieder; die Säuren, wie Schwefelsäure, und das Chlor bilden bekanntlich stete Bestandtheile des Wassers, treten auch unter den vulkanischen Producten häufig in bedeutender Menge auf und finden sich endlich, namentlich der Schwefel, in einer grossen Menge von Verbindungen in der Natur vor, so dass ihre Gegenwart in der Ackererde nichts Auffallendes darbietet. Die Phosphorsäure ferner bildet einen nothwendigen Bestandtheil der Ackererde, da fast allen Pflanzen mehr oder weniger diese Substanz zu ihrem Gedeihen nöthig und unentbehrlich ist. Also auch dieser Bestandtheil muss ursprünglich durch die Zersetzung gewisser Mineralien dem der Vegetation günstigen Boden geliefert und in einen Zustand gebracht worden seyn, in welchem er von der Pflanze aufgenommen und assimilirt werden kann. Von allen Mineralien, die grössere oder geringere Mengen Phosphorsäure enthalten, ist es wahrscheinlich der *Apatit*, der die grösste Quantität derselben geliefert hat; er findet sich nämlich, wenn auch gewöhnlich nicht in auffallender Menge, fast in allen Formationen vor, von den ältesten Bildungen an, bis zu den jüngsten herab, und besteht nach den Analysen von G. Rose (Rammelsberg a. a. O. I. 36) aus:

Kalkerde	54,76	—	55,66
Chlorwasserstoffsäure	2,10	—	0,02
Phosphorsäure, Flussäure und Verlust	42,90	—	44,32.

Die Formel ist $= Ca \left\{ \begin{matrix} \dot{C}l \\ Fl \end{matrix} \right. + 3\,\dot{C}a^3\,\ddot{\dot{P}}$. Sullivan ([Philos. Mag. Journ. Vol. XXVII. No. 179] J. f. pr. Ch. XXXVI. 249—252) will mehr oder weniger bedeutende Spuren von Phosphorsäure fast in allen Gebirgsarten und Mineralien gefunden haben; Elsner (J. f. pr. Ch. XXXV. 315) und Kersten (ebend. XXXIV. 366—67) haben dieses jedoch hinsichtlich der Gesteine vulkanischen Ursprungs nicht bestätigt gefunden.

Wir wollen jetzt noch einen flüchtigen Blick werfen auf die chemische Zusammensetzung der verschiedenen secundären und tertiären Bildungen, welche häufiger wie die krystallinischen Gesteine die Grundlage bilden, auf welcher die Ackerkrume unter mancherlei Umständen sich nach und nach gebildet hat.

B. Geschichtete Gebirgsarten.

Einen Uebergang von den krystallinischen zu den geschichteten Gesteinen bildet der kohlensaure Kalk; er kommt sowohl krystallinisch vor als Marmor, wie auch geschichtet als eine amorphe Masse. In dem letztern Falle ist er gewöhnlich reich an Versteinerungen, deren Ueberreste bei dem Uebergange in den krystallinischen Zustand durch die Einwirkung der Hitze in der Regel verschwinden. Die krystallinisch-körnigen Kalkvarietäten werden *Marmor* genannt; im reinsten Zustande bestehen sie, wie der Kalkspath, aus 56,29 Kalkerde und 43,71 Kohlensäure, aber meistens sind sie, wie auch die dichten Kalksteine, durch grössere oder geringere Mengen von Kieselerde, Eisen- und Manganoxyd, Bittererde, Thonerde und die hydraulischen Kalke, nach den

Digitized by Google

und fort Alles in Bewegung und Zersetzung begriffen; während die mechanischen Einflüsse die Gesteine nach und nach zu Staub zu zermalmen streben, sind ebenfalls in jeder Zeitsecunde die

---

Untersuchungen von Kuhlmann (Lieb. Ann. XLI. 220 und ff.), auch von Kali und Natron durchdrungen und verunreinigt. Je nach der Formation, welcher der Kalk angehört, führt er verschiedene Namen, der chemische Charakter bleibt sich aber ziemlich gleich; so unterscheidet man hauptsächlich nach petrefactologischen Charakteren den Ur- oder Uebergangskalk, den Berg- oder Kohlenkalk, den Zechstein oder Dolomit, den Muschelkalk, Lias, Oolith oder Jurakalk, die Kreide oder den Pläner-Kalk, den Grobkalk u. s. w. Nur wenige dieser verschiedenen Kalke sind bisher einer specielleren chemischen Untersuchung unterworfen worden, auch hätte eine solche für den Zweck, welchen wir hier vor Augen haben, wenig allgemeines Interesse, da die zufälligen Bestandtheile der verschiedenen Kalkarten mannigfachen Abwechselungen unterworfen sind und im Ganzen keine einzelnen Gruppen derselben nach ihrer chemischen Zusammensetzung sich aufstellen lassen. So ist z. B. der *Muschelkalk* in Franken von E. v. Bibra (Chem. Unters. einiger Formen des Muschelkalks u. s. w., J. f. pr. Ch. XXVI. 8—23) untersucht worden, aus welchen Untersuchungen wir nur die folgenden Resultate hervorheben:

	Mergelige Schicht.	Fester Kalkstein.
Kieselerde	5,5	— 3,1
Kohlensaure Kalkerde	64,3	— 91,1
Kohlensaure Talkerde	18,4	— 1,4
Eisenoxyd und Oxydul	3,6	— 1,1
Thonerde	1,7	— 1,2
Wasser	6,0	— 1,2
Spuren von Natron, Chlorverbindung und Schwefelsäure	0,5	— 0,9.

Der sogenannte hydraulische Kalkstein ist häufiger zum Gegenstande chemischer Untersuchungen gemacht worden; Kersten (J. f. pr. Ch. XXV. 317—319) fand in zwei Abänderungen aus der Nähe von Colchester (Essex) folgende Bestandtheile:

	1.	2.
Kohlensaurer Kalk	67,50	— 68,70
Kieselthon { Kieselerde	14,40	— 12,80
Kieselthon { Thonerde, etwas eisenhaltig	7,70	— 8,60
Kohlensaures Eisenoxydul	4,60	— 3,80
Kohlensaure Talkerde	2,30	— 2,41
Kohlensaures Manganoxydul	0,67	— 0,71
Kieselerde (ungebunden)	1,10	— 1,30
Bitumen und Wasser	0,20	— 0,40
Kali und Titansäure	Spur	— Spur.

Durch beträchtliche Beimengungen von Thon geht der Kalk in *Mergelstein* und *Mergelerde* über. Die reinen Varietäten des körnigen, wie des dichten Kalksteins widerstehen lange der Einwirkung der Atmosphäre; sind aber viele fremdartige Beimengungen vorhanden, so verwittert er leichter und zerfällt allmählig in eine trockne und magere Erde.

Der *Thonschiefer* der Uebergangsformation, der beträchtliche Strecken der Erdoberfläche, namentlich im Harze, im Erzgebirge, in Thüringen, am Rheine u. s. w. einnimmt, ist von Frick (Ueber die chemische Zusammensetzung des Thonschiefers, von Herrm. Frick; Pogg. Ann. XXXV. 188—198) untersucht worden; er fand z. B. in dem von Goslar 28,98 Proc. in Säuren auflösliche Theile und folgende Bestandtheile:

Digitized by Google

chemischen Verwandtschaften thätig, um die Mineralien, aus welchen die Gebirgsarten zusammengesetzt sind, in einfachere Verbindungen aufzulösen und die Bildung von neuen Vereinigungen zu bewirken;

	Auflösl. Theil.	Unauflösl. Theil.	Anal. d. Ganzen.
Kieselsäure	23,01	— 74,98	— 60,03
Thonerde	16,19	— 14,32	— 14,91
Eisenoxyd	20,19	— 4,94	— 8,94
Magnesia	11,60	— 1,48	— 4,22
Kalkerde	4,63	— 0,78	— 2,08
Kali	1,96	— 3,38	— 3,87
Kupferoxyd	„	— 0,36	— 0,28
Wasser, Kohlensäure und Verlust	22,32	Kohle und Verlust 0,26	— 5,67.

Die Analysen des Thonschiefers von Benndorf bei Coblenz und von Lehnsten in Thüringen gaben ähnliche Resultate. „Dass die Zusammensetzung der Gemengtheile, in welche man den Thonschiefer durch Säuren zerlegen kann, nicht mit der Lehre der bestimmten Proportionen übereinstimmt, zeigt, dass der Thonschiefer nicht als ein Gemenge von zwei einfachen Mineralien, sondern als ein Product der Zersetzung von andern Gebirgsarten zu betrachten sei; aber die nahe Uebereinstimmung in der Zusammensetzung der Thonschieferabänderungen, die, wie die analysirten, zu einer und derselben Formation gehören, zeigt auch, dass bei der Bildung dieser Thonschieferabänderungen sehr nahe stehende Umstände stattgefunden haben.“ Von dem Alaunschiefer Norwegens und Bornholms haben wir vor Kurzem Analysen erhalten von Forchhammer (Ueber den Einfluss der Fucus-artigen Pflanzen auf die Formationen der Erde; über den Metamorphismus im Allgemeinen und insbesondere über die Metamorphose des scandinavischen Alaunschiefers; J. f. pr. Ch. XXXVI. 385—412), welcher gleichfalls den Uebergang desselben in Gneis nachgewiesen hat, welche Umwandlung stattgefunden hat, ohne dass irgend eine Substanz sich ausgeschieden hat oder dazugekommen ist, wie die folgenden, von Forchhammer ausgeführten Analysen beweisen:

	Gneis von Bugten.	Alaunschiefer von Opsloe, nach Abzug der flüchtigen Theile.	Alaunschiefer von Bornholm.
Kieselerde	69,71	— 72,40	— 71,72
Thonerde	13,59	— 16,45	— 19,04
Eisenoxyd	7,77	— 2,26	Schwefelkies 1,58
Kalk	0,23	— 0,17	— 1,19
Magnesia	2,65	— 1,48	— 2,02
Kali	3,79	— 5,08	— 4,46
Natron	0,46	— 0,53	— Spuren
Schwefel	2,30	— 1,25	— „

„Wenn man diese Analysen mit einander vergleicht, so muss man sogleich die enge Verbindung der analysirten Gebirgsarten bemerken; — es ist dieselbe Menge an Kieselerde, Magnesia, Kalk, Kali und Natron und nur eine Verschiedenheit in der Quantität der Thonerde, des Eisens und Schwefels, indem der Gneis weniger Thonerde enthält, während Eisen und Schwefel in weit grösserer Menge zugegen sind, als in dem gewöhnlichen Alaunschiefer. Aber der Schwefel und das Eisen sind auch sehr unregelmässig im Alaunschiefer vertheilt und es kommen Lager vor, welche sehr reich sind an Schwefelkies; so enthielt eine Varietät von Bornholm mehr Schwefel als der Gneis von Bugten. Die grosse Menge des dunkelgrünen Glimmers im Gneis rührt her von der Gegenwart des Eisenoxyds ausser dem Schwefelkies.“ — Der Thon-

Digitized by Google

das Endresultat dieser steten Umwandlung und Zerstörung durch das Zusammenwirken aller in der Natur thätigen Kräfte ist die Bildung und Ablagerung neuer Schichten und Formationen an den Abhängen der Gebirge und besonders in den Thälern und

---

und Alaunschiefer verwittern schnell, besonders wenn sie sehr dünnschiefrig sind und wenn sie viele Gemengtheile, wie Schwefelkies, Kali, Natron u. s. w. enthalten, und je nach der Beschaffenheit dieser Bestandtheile bildet sich durch Verwitterung aus diesem Gestein ein mehr oder weniger fruchtbarer Boden.

Aehnlich den verschiedenen Kalksteinvarietäten verhalten sich auch die *Sandsteine* und *Conglomerate*, von denen die ersteren durch zufällige Gemengtheile mehr oder weniger verunreinigt sind, während die letztern nach der Beschaffenheit der Gesteine, welche sie zusammensetzen, verschiedene Namen erhalten und bei der Verwitterung einen dem Pflanzenwachsthum günstigen oder ungünstigen Boden bilden. So unterscheidet man z. B. Grauwackensandstein, Kohlensandstein, bunten Sandstein, Keupersandstein, tertiären Sandstein u. s. w., und unter den Conglomeraten Grauwacke, alten rothen Sandstein, rothes und weisses Todtliegendes, tertiäre Conglomerate u. s. w. Ueber die Gesteine des fränkischen bunten Sandsteins hat v. Bibra (J. f. pr. Ch. XXVI. S. 23—29) eine Reihe von Analysen mitgetheilt:

	Mergel.				*Sandstein.*				
	1.		2.		1.		2.		3.
In Säuren löslicher Theil:									
Thonerde	1,9	—	4,2	—	1,0	—	0,2	—	0,5
Eisenoxyd	2,1	—	12,1	—	4,7			—	0,7
Kohlens. Kalkerde .	71,0	—	0,9	—	0,6	—	0,1	—	0,3
Kohlens. Talkerde .	1,5	—	0,1					—	0,6
Kieselerde	„	—	„	—	0,2	—	0,1	—	„
Wasser	0,8	—	4,5	—	0,8	—	0,2	—	0,9
	77,3		21,8		7,3		0,6		3,0
In Säuren unlöslicher Theil	22,0	—	77,4	—	92,5	—	99,2	—	96,5
Natron, Chlorverbindung, Verlust . .	0,7	—	0,8	—	0,2	—	0,2	—	0,5.

R. Brandes und W. Brandes (Pogg. Ann. XXV. 318—322) analysirten ferner einen im Fürstenthum Lippe-Detmold in der Keuperformation vorkommenden Thonkieselstein und fanden in demselben:

	1.		2.		3.
Kohlensaurer Kalk	3,00	—	1,3	—	0,3
Kieselerde	77,50	—	81,3	—	77,2
Thonerde	8,25				14,5
Eisenoxydul	3,00	—	11,7	—	3,5
Bittererde	„	—	Spuren	—	0,1
Wasser	7,00	—	5,5	—	4,2.

Es wäre unnöthig, hier noch mehrere Analysen von unkrystallinischen Gesteinen mitzutheilen, da sie ihrer Beschaffenheit und ihrer Bildung nach keine constante Zusammensetzung haben können, und die angeführten zeigen hinlänglich, dass die zur Bildung einer das Gedeihen der Vegetation fördernden Ackererde nothwendigen Mineralsubstanzen in grösserer oder geringerer relativer Menge fast allenthalben vorhanden sind; die dichten, amorphen sind ebenso wie die krystallinischen Gesteine in Folge der Einwirkung der Luft und der atmosphärischen Wasser einer unaufhörlichen, stetig fortschreitenden, mechanischen, wie chemischen Veränderung unterworfen, indem namentlich kieselsaure

Digitized by Google

Ebenen, und zugleich die Zubereitung eines mehr oder weniger fruchtbaren Bodens, auf welchem eine Vegetation sich zu entwickeln und zu gedeihen im Stande ist. Anfangs werden nur solche Pflanzen fortkommen können, die ihre Nahrungsstoffe hauptsächlich oder allein aus der Atmosphäre in sich aufnehmen und nur die wenigen unorganischen Theile, die sie zum Wachsthum bedürfen, dem Boden, an welchem sie befestigt sind, entziehen; diese erste Vegetation von Luftpflanzen, wie Cacteen, Mimosen, Equisetaceen u. s. w., welche in sandigem Boden die Feuchtigkeit und die Kohlensäure der Atmosphäre assimiliren, wird absterben und durch ihre Verwesung einer neuen, immer mannigfaltiger sich entwickelnden Pflanzenwelt Platz machen, bis auch diese wieder untergeht, sei es durch allmähliges Aussterben der Individuen, indem der Boden, der sie bisher ernährt hat, die zu ihrem Gedeihen nothwendigen Bestandtheile verloren hat, sei es durch Ueberschwemmungen und andere Erdrevolutionen, von denen wir vielfache Zeugnisse in den die Erdrinde constituirenden Gebirgsmassen aufbewahrt finden. So sind ausgebreitete und mannigfaltige Vegetationen, deren Reste noch in den Ablagerungen zerstörter Felsmassen erhalten sind, aus der Reihe der lebenden Organismen verschwunden, und immer hat die ewig schaffende Kraft der Natur neue Geschlechter hervorgebracht, deren Spuren wir von einer Periode der Erdgeschichte zur andern verfolgen können, bis wir endlich zur Gegenwart herabsteigen, zwischen welcher und dem Uranfang der Dinge ebenso viele Millionen von Jahren liegen mögen, als das Gestirn, das wir bewohnen, nach den Berechnungen unserer Astronomen, Millionen von Meilen entfernt ist von dem fernsten Nebelfleck, der am Firmamente durch die vergrössernde Kraft der besten Fernröhre von dem Auge des Menschen noch erreicht werden kann.

B. Organische Bestandtheile.

Ueber einen grossen Theil der Erdoberfläche verbreitet findet man eine mehr oder weniger tiefe, schwarze Erdschicht, ein Gemenge von den durch Verwitterung der Gesteine gebildeten *unorganisch-erdigen* Körpern, die theils in einem in Wasser löslichen, theils unlöslichen Zustande sich befinden, und von *organischen* Substanzen, die ebenso wie jene theils löslich, theils unlöslich sind in Wasser und mit den unorganischen oftmals chemische Verbindungen bilden. Die Entstehung dieses *organischen Theiles* oder des *Humus* in der Ackererde haben wir hier einer näheren Betrachtung zu unterwerfen.

---

und kohlensaure Alkalien sich bilden und auch die Erden und Säuren in einen Zustand übergehen, in welchem sie auflöslich sind in Wasser und von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen und in denselben an gewissen Stellen durch den Einfluss der Lebenskraft wieder abgelagert und assimilirt werden.

Digitized by Google

Die Holzfaser bleibt bekanntlich in vollkommen trockner Luft, oder bei einer niedrigen Temperatur, oder endlich unter Wasser, welches den Zutritt der atmosphärischen Luft nur in sehr geringem Maasse gestattet, Jahrtausende hindurch fast völlig unverändert; wo aber die organischen Materien bei Gegenwart von Feuchtigkeit und atmosphärischer Luft dem Einflusse einer hinlänglich hohen Temperatur, deren Minimum Boussingault[2]) nach mehreren von ihm angestellten Versuchen auf 9—10° feststellen zu können glaubt, ausgesetzt sind, da sind auch alle Bedingungen gegeben, unter welchen organische, sowohl thierische als vegetabilische, Substanzen in Gährung, Fäulniss und Verwesung übergehen können und müssen; durch diese Processe nämlich erleiden die organischen Körper eine Veränderung, indem Sauerstoff aus der Atmosphäre absorbirt wird, der mit dem Kohlenstoff und Wasserstoff der organischen Substanz zu Kohlensäure und Wasser sich verbindet, während als Product dieser Zersetzung ein kohlenstoffreicherer Körper zurückbleibt, der unter gewissen Umständen fortwährend einer gleichen Zersetzung unterworfen bleibt, bis endlich der letzte Theil in Kohlensäure und Wasser aufgelöst worden ist. Ingenhouss[3]) hatte schon im Jahre 1788 auf den Einfluss des Humus oder der Ackererde auf die atmosphärische Luft, oder auf die Absorption von Sauerstoff aus der letztern aufmerksam gemacht, und Saussure[4]) fand später, dass die Menge der gebildeten Kohlensäure genau dem Volumen des aus der Luft absorbirten Sauerstoffs gleich sei, eine Beobachtung, die, wie wir weiter unten sehen werden, durch Mulder's Berechnungen und Analysen der sich bildenden Producte nicht bestätigt zu werden scheint. Saussure[5]) hat ferner gezeigt, dass das Verhalten der gährenden Stoffe bei vollkommenem Zutritt der Luft ein anderes ist, als wenn

---

[2]) Boussingault, *Landwirthschaft* etc., deutsch von Gräger, Bd. II. S. 8.

[3]) Siehe in Saussure's *des Sohns Brief* an J. C. Delamétherie, in welchem bewiesen wird, dass die reinen Erden den Sauerstoff nicht absorbiren (Journ. de Phys. IV. p. 470), Gilb. Ann. I. S. 507.

[4]) De Saussure (*Chemische Untersuchungen über die Vegetation*, deutsch von Voigt, 1805. S. 135) fand nämlich unter Anderm, dass 240 Th. trockne Eichenspäne 10 Cubikzoll Sauerstoff in ebenso viel kohlensaures Gas, welches 3 Gewichtstheile Kohlenstoff enthält, verwandelten; das Gewicht der Späne fand sich aber um 15 Th. vermindert. Es hatten sich demnach hierbei noch 12 Gewichtstheile Wasser von den Elementen des Holzes getrennt (vergl. Liebig, *org. Chemie, in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*, 5. Auflage. S. 436).

[5]) *Wirkung der Gährung auf ein Gemenge von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas*, von Theod. de Saussure (Biblioth. univ. de Genève, Févr. 1838. S. 380), J. f. pr. Ch. XIV. 152 u. ff. „Bekanntlich beläuft sich die Menge von Wasserstoffgas, welche in unsrer Atmosphäre enthalten sein kann, nicht auf ein Tausendtheil ihres Volumens. Die Seltenheit der Substanzen, welche die Verbindung dieses Gases mit dem Sauerstoffe bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft bewirken,

Digitized by Google

die Berührung mit der Luft nur eine unvollkommene ist. Während nämlich in dem ersteren Falle fast genau ebenso viel Sauerstoff verschwindet, als Kohlensäure sich bildet, also nur einfach eine Bildung und Abscheidung von Kohlensäure und Wasser aus der

---

und die Zubereitungen, welche sie erfordern, zeigen, dass man durch diese das Verschwinden des Wasserstoffs nicht erklären kann, welcher durch die Zersetzung der organischen Substanzen beständig der atmosphärischen Luft zugeführt wird. Der elektrische Funke bei den Gewittern und die Entzündung einiger Brennmaterialien scheinen nicht hinzureichen, um diese Vernichtung unausgesetzt zu bewirken. Es wird sich ergeben, dass dieselbe grossentheils durch die Gährung der durchgängig auf der Oberfläche des Bodens verbreiteten organischen Substanzen bewirkt werde, selbst wenn sie wegen ihres kleinen Volumens und der langsamen Wirkung keine Erhöhung der Temperatur zeigen.

Bei diesen Beobachtungen muss man zwei Fälle unterscheiden; einmal der, unter welchem die Gase zu allen Theilen des gährenden Körpers leicht zutreten können; ich will ihn vollständige Berührung nennen; dann der, welchen ich unvollständige Berührung nenne, findet Statt, wenn die Zusammenhäufung des gährenden Körpers oder Bedeckung mit Wasser der Wirkung der Gase zum Theil Hindernisse entgegensetzt.

Versuch mit *Erbsen*. In Gährung versetzte Erbsen wurden in ein Gemenge von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas gebracht und blieben acht Tage darin bei einer Temperatur von fast 21° C. Die Atmosphäre der Erbsen enthielt:

Vor dem Versuche:		Nach dem Versuche:	
Wasserstoffgas . . .	99,1 Cubikc.	Wasserstoffgas . . .	99,2 Cubikc.
Sauerstoffgas	97,3 „	Kohlensäure	83,4 „
Stickstoffgas	3,7 „	Sauerstoffgas	11,3 „
	200,1 Cubikc.	Stickstoffgas	3,4 „
			197,3 Cubikc.

Ein ganz anderes Resultat erhielt ich, wenn ich die Erbsen einer unvollständigen Berührung mit der sie umgebenden Atmosphäre aussetzte, indem ich sie mit ihrem 4fachen Gewicht an Wasser bedeckte.

Vor dem Versuche:		Nach dem Versuche:	
Wasserstoffgas . . .	95,3 Cubikc.	Wasserstoffgas . . .	69,8 Cubikc.
Sauerstoffgas	92,6 „	Sauerstoffgas	48,4 „
Stickstoffgas	5,1 „	Kohlensäure	35,4 „
	193,0 Cubikc.	Stickstoffgas	5,5 „
			159,1 Cubikc.

Bei der letzten Operation verminderte sich die Atmosphäre um 34 Cubikcentimeter, die Verminderung des Wasserstoffgases betrug 25,5 Cubikcentimeter, das Verschwinden des Sauerstoffgases überstieg bei weitem die Erzeugung der Kohlensäure. Die Volumenverminderung begann zwei Tage nach Anfang des Versuches.

Aehnliche Versuche wurden mit dem Weizen angestellt und die Resultate waren dieselben. Dasselbe war der Fall mit verschiedenen Arten von Heide-, Damm- und Ackererde, die mit einer Atmosphäre von Knallgas in Berührung gebracht wurden. Die angefeuchteten Humusarten, welche sich zum Anbaue der meisten Pflanzen eignen, erleiden eine langsame Gährung. Diese Wirkung wird gewöhnlich nicht bemerkt, wenn sie in eine grössere Menge Wasser eingetaucht sind, als diejenige ist, welche sie ohne Abtropfen zurückhalten können, weil die geringe Menge Gas, die sie erzeugen, von dem überschüssigen Wasser absorbirt wird. Wenn aber nur so viel oder noch weniger

Digitized by Google

organischen Substanz stattfindet, — zeigt sich, wenn die gährende Substanz mit viel Wasser befeuchtet oder auf andere Weise der vollständigen Berührung mit dem Sauerstoffgase entzogen wird, wie dies namentlich häufig bei den Ackererden der Fall ist, ausser

---

Flüssigkeit vorhanden ist, als sie zurückhalten können, so bildet sich, nachdem der Teig in den luftleeren Raum gebracht ist, reine oder mit brennbarem Gase gemischte Kohlensäure. — Selbst Seide und Baumwolle verhielten sich ebenso, sowohl bei vollständiger, wie bei unvollständiger Berührung mit dem Gasgemenge, nur erforderte der Versuch in diesem Falle weit längere Zeit als sonst.

Die angeführten Beispiele, welche beweisen, dass die organischen Substanzen das explodirende Gemenge erst nach einer Zeit vernichteten, welche hinreichend ist, sie in Gährung zu bringen, zeigen auch, dass die Gährung bei dieser Vernichtung die wesentlichste Rolle spielt. Man kann davon einen neuen Beweis geben, indem man zeigt, dass die fäulnisswidrigen Mittel ihnen dieses Vermögen nehmen, ohne ihr Gewebe zu verändern. So brachte eine Heideerde, welche, als sie mit reinem Wasser gesättigt war, binnen acht Tagen das Wasserstoffgas und Sauerstoffgas condensirte, keine merkliche Verminderung hervor, als ich statt des Wassers eine Auflösung von einem Theile Kochsalz in vier Theilen Wasser anwendete. Ebenso verhielt es sich, als die Erde mit Wasser getränkt wurde, das ein Hundertel Schwefelsäure enthielt. Es lässt sich jedoch nicht bezweifeln, dass die Compression der Gase, welche blos von der Porosität des der Gährung fähigen Körpers herrührt, viel zur Wirkung des letztern auf das detonirende Gemenge beitrage; denn die Gährung einer Flüssigkeit, wie Traubenmost, von dem man annehmen kann, dass er keine merklichen Poren habe, bewirkte in dem detonirenden Gemenge eine zu wenig deutliche Verminderung des Wasserstoffgases, als dass man in die Resultate einiges Vertrauen setzen könnte.

Es wurde die Beobachtung gemacht, dass der Rückstand der Verbrennung einer Heideerde das detonirende Gemenge nicht verdichtete, als er nicht in Gaze eingeschlossen war, dass er aber mit dieser Hülle nach Verlauf eines Monats (bei einer Temperatur von 21°) 21,5 Cubikcentimeter des Gemenges verdichtet hatte. Diese Operation wurde wiederholt, indem statt des kieselhaltigen Sandes ein glatter Kieselstein, eingeschlossen in angefeuchtete Gaze von demselben Gewichte, angewendet wurde, welche wegen ihrer Berührung mit der gleichfalls angefeuchteten Wölbung des Kolbens feucht blieb. Nach Verlauf von 17 Tagen war die Verdichtung des explodirenden Gemenges bei der vorhergehenden Temperatur unmerklich. Nach Verlauf eines Monates betrug sie 4,5 Cubikcentimeter, und nach Verlauf von zwei Monaten 8,7 Cubikcentimeter. Es waren dabei verdichtet worden 4,2 Cubikcentimeter Wasserstoff, 9,4 Cubikcentimeter Sauerstoff und 7 Cubikcentimeter Kohlensäure erzeugt worden. Diese Beobachtungen sind doppelt merkwürdig: 1) weil ihr Unterschied die Wirkung der Porosität beweist; 2) weil sie eine Ausnahme von dem allgemeinen Einflusse der vollständigen Berührung des detonirenden Gemenges mit einer in der Gährung begriffenen Substanz darbieten.

Das Vermögen, welches die der Gährung fähigen Substanzen im Allgemeinen besitzen, das Sauerstoffgas und Wasserstoffgas *nur dann* zu verdichten, wenn sie sich in unvollständiger Berührung *mit ihnen* befinden, lässt sich durch die Annahme erklären, dass die Verwandtschaft des Kohlenstoffs zu dem Sauerstoffgase stärker ist, als die des *letztern* zu dem Wasserstoffgase. Der Kohlenstoff wird wegen seines Eintauchens in Bezug auf das Sauerstoffgas als nicht vorhanden betrachtet, welches sich blos alsdann mit dem Wasserstoffgase verbindet. — Der

Digitized by Google

der Bildung von Kohlensäure noch eine Condensation von Sauerstoff, welche durch die Verbindung desselben mit dem Wasserstoff, der durch die Zersetzung organischer Substanzen beständig der atmosphärischen Luft zugeführt wird, bedingt ist. Saussure

---

Grund dagegen, warum die gährende Substanz bei der vollständigen Berührung des Sauerstoffgases nicht die beiden Bestandtheile der Kohlensäure erzeugt, lässt sich auffinden, wenn man bedenkt, dass ein Körper, wenn alles gleich ist, sich eher mit einem freien Stoffe vereinigt, als mit demselben Stoffe im gebundenen Zustande. Beim Untertauchen kann das freie Sauerstoffgas als nicht vorhanden betrachtet werden. Der Kohlenstoff, welcher alsdann keinen entgegenwirkenden Stoff findet, verbindet sich mit dem Sauerstoff, welcher in dem gährenden Körper enthalten ist.

Die Verdichtung des explodirenden Gemenges durch gährende Substanzen lässt sich in mancher Hinsicht mit der Wirkung einiger Platinpräparate vergleichen; bis jetzt unterscheiden sich die Wirkungen nur durch die Entzündung, die Geschwindigkeit oder Intensität der Wirkung und durch die Erzeugung der Kohlensäure. Auch haben einige Gase, deren Einfluss auf die Platinwirkung man versucht hat, um dieselbe zu modificiren, grossentheils eine analoge Wirkung bei der Verdichtung durch Gährung. — Aus allen angedeuteten Versuchen lassen sich als Resultat folgende *Schlussfolgerungen* ziehen:

Die Verbindung des Wasserstoffgases mit dem Sauerstoffgase kann ohne Entzündung bei der Temperatur der Luft durch Substanzen bewirkt werden, welche eine langsame Gährung erleiden.

Sie bewirken diese Vereinigung, wenn sie zusammengehäuft und mit einer Menge Wasser befeuchtet werden, welche hinreicht, um ihre vollständige Berührung mit dem Sauerstoffgase zu verhindern. Wenn man die Berührung dadurch geschehen lässt, dass man die Oberfläche des der Gährung fähigen Körpers vermehrt oder die Wassermenge vermindert, so wird das Wasserstoffgas nicht absorbirt und das Sauerstoffgas geht in andere Verbindungen ein.

Die Porosität des gährenden Körpers trägt sehr zur Vernichtung des detonirenden Gemenges bei.

Mehrere Beobachtungen beweisen, dass das Wasserstoffgas, welches durch die Gährung verschwindet, sich mit dem Sauerstoffgase im Verhältnisse der Bestandtheile des Wassers verbinde. Der Beweis erfordert, dass das letztere Gas nur zur Bildung dieses Wassers und der ganzen bei der Operation sich erzeugenden Kohlensäure verwendet werde.

Die in dieser Abhandlung angeführten, der Gährung fähigen Substanzen bewirken die Verbindung des Sauerstoffgases und Wasserstoffgases nicht vor dem Eintreten der Gährung, noch auch, wenn dieselbe durch ein fäulnisswidriges Mittel aufgehalten wird.

Die Dammerden und der mit verschiedenen Erden verbundene Humus erleiden, sobald sie befeuchtet sind, eine langsame Gährung, die ihnen das Vermögen giebt, die Vernichtung des Gemenges des Wasserstoffgases und Sauerstoffgases zu bewirken.

Das Kohlenoxydgas, die Kohlenwasserstoffgase, das durch glühendes Eisen aus Wasser erhaltene Wasserstoffgas wurden durch die Gährung nicht zerstört, wenn sie statt des gewöhnlichen Wasserstoffgases in dem explodirenden Gemenge angewendet wurden.

Das Stickstoffgas, Wasserstoffgas und Sauerstoffgas, zu dem explodirenden Gemenge hinzugesetzt, hindern seine Vernichtung durch einen gährenden Körper nicht bedeutend, ebenso wenig wie die, welche unter denselben Umständen durch ein zuvor gereinigtes Platinblech bewirkt wird.

Digitized by Google

schliesst aus diesen Versuchen, dass vornehmlich die vegetabilischen Erden in Folge ihrer fortwährenden Zersetzung die Veranlassung sind, dass sich das Wasserstoffgas in der Luft nicht ansammeln kann.

Nach Liebig[6]) ist es der Wasserstoff des organischen Körpers, welcher bei der Verwesung desselben auf Kosten der atmo-

---

Die Gase, welche, wie das Kohlenoxyd und das ölbildende Gas, sich durch den Widerstand auszeichnen, den sie der Verbindung des Wasserstoffgases und Sauerstoffgases durch das Platin entgegensetzen, bieten auch der Verbindung derselben durch die Gährung ein grosses Hinderniss dar.

Das Stickstoffoxydulgas, zu dem explodirenden Gemenge hinzugesetzt, wurde zum Theil durch die Gährung zersetzt und es hinderte die Verbindung des Wasserstoffgases und Sauerstoffgases nicht.

Diese Resultate und vornehmlich die, welche sich auf die vegetabilischen Erden beziehen, zeigen, dass das Wasserstoffgas sich in unserer Atmosphäre nicht ansammeln kann. Die Operationen, bei denen mehrere entzündliche Kohlenwasserstoffgase die Wirkung der Gährung bei Anwesenheit des Wasserstoffgases und Sauerstoffgases hinderten, sind zu beschränkt, um zu der Annahme zu berechtigen, dass die ersteren nicht bei der Temperatur der Luft durch dieses Verfahren vernichtet werden könnten. Die gährenden Körper müssen sich wie das Platin verhalten, das in gewissen Gestalten auf die Gase eine Wirkung ausübt, die es in einem andern Zustande nicht besitzt.

Der Einfluss der Elektricität, um die Verbindung des Wasserstoffgases und Sauerstoffgases zu bewirken, und die Beobachtungen, nach denen dieses Fluidum als eine der hauptsächlichsten Ursachen der Gährung betrachtet wird, müssen auf die Vermuthung bringen, dass dieses Agens in Verbindung mit der Porosität der gährungsfähigen Körper die neuen Resultate erzeugte, welche die Gährung uns darbot."

[6]) Liebig, *Agriculturchemie*, S. 437 u. ff. „Nach den sorgfältigen, von Gay-Lussac und Thénard ausgeführten Analysen enthält das bei 100° getrocknete und mit Wasser und Weingeist von allen darin löslichen Theilen befreite Eichenholz 52,53 Kohlenstoff und 47,47 Wasserstoff und Sauerstoff, in dem Verhältniss wie im Wasser. Das feuchte Holz nun wird bei der Berührung der atmosphärischen Luft nach und nach in Humus und gasförmige Kohlensäure verwandelt. Wenn nun die Wirkung des Sauerstoffs ausschliesslich auf den Kohlenstoff des Holzes sich erstreckte, so müsste die Quantität des Kohlenstoffs aus dem Rückstande allmählig verschwinden und es würden zuletzt nur die Elemente des Wassers übrig bleiben. Wenn wir aber das verwesende Holz in den verschiedenen Stadien seiner Verwesung untersuchen, so sehen wir, dass der Kohlenstoff des Rückstandes immer grösser wird, dass also, abgesehen von der Kohlensäurebildung durch den Einfluss der Luft, die Veränderung des Holzes in Humus als eine Trennung der Bestandtheile des Wassers von dem Kohlenstoff sich darstellt. Die Analyse lieferte nämlich von vermodertem Eichenholz, das aus dem Innern eines hohlen Eichstammes genommen worden war, eine chocoladebraune Farbe besass und noch vollkommen die Structur des Holzes zeigte, in 100 Theilen 53,36 Kohlenstoff und 46,44 Wasserstoff und Sauerstoff, in dem Verhältniss wie im Wasser (Meyer). Eine andere Probe von einer andern Eiche, von lichtbrauner Farbe, leicht zerreiblich zu feinem Pulver, gab 56,211 Kohlenstoff und 43,789 Wasser. In welchem Stadium der Verwesung das Holz sich auch befinden mag, stets müssen darin die Elemente ausdrückbar sein durch die Aequivalentenzahlen. Die folgenden Formeln drücken diese Verhältnisse mit grosser Schärfe aus:

Digitized by Google

sphärischen Luft oxydirt wird, während die sich entwickelnde Kohlensäure aus den Elementen der sich zersetzenden Verbindung herrührt, und unter keinerlei Bedingung vereinigt sich bei gewöhnlicher Temperatur der Kohlenstoff direct mit dem Sauerstoff zu Kohlensäure. Liebig schliesst aus den Resultaten verschiedener Analysen, dass bei der Verwesung des Eichenholzes z. B. für je 2 Aequivalente Wasserstoff, der sich oxydirt, 2 Atome Sauerstoff und 1 Aequivalent Kohlenstoff von den übrigen Elementen abgeschieden werden; es nimmt also, bei der fortschreitenden Zersetzung der Holzfaser, in dem zurückbleibenden Humus die Menge des Kohlenstoffs in seinem Verhältnisse zum Wasserstoff und Sauerstoff immer zu. Es müssten demnach, wenn der angeführte Process der Zersetzung seinen ununterbrochenen Fortgang hätte, zuletzt von den 36 Atomen Kohlenstoff des frischen Eichenholzes 25 Atome oder 36,5 Proc. übrig bleiben, welche als reiner Kohlenstoff bei gewöhnlicher Temperatur sich unverändert erhalten würden. Dieses Endresultat wird aber unter den gewöhnlich bei der Verwesung des Holzes stattfindenden Umständen niemals erreicht, weil mit der Zunahme des Kohlenstoffs in dem rückständigen Humus auch seine Verwandtschaft zum Wasserstoff, der mit ihm in Verbindung bleibt, zunimmt, und weil zuletzt ein Verhältniss eintreten muss, in welchem die Verwandtschaft des Sauerstoffs der Atmosphäre zu diesem Wasserstoff und die des Kohlenstoffs zu demselben Elemente in's Gleichgewicht getreten sind, so dass eine weitere Zersetzung nach dem angedeuteten Gesetze nicht mehr stattfinden kann. Das verfaulte Holz nun verbrennt, obgleich es an Kohlenstoff reicher ist, als das frische, nicht mehr mit Flamme, es ver-

---

$C^{36}H^{44}O^{22}$ Eichenholz, nach Gay-Lussac und Thénard,
$C^{25}H^{10}O^{20}$ Humus von Eichenholz (Meyer),
$C^{24}H^{36}O^{18}$ „ „ „ (Will)."

Liebig a. a. O. S. 441 u. 42. „Denken wir uns die Verwesung in einer Flüssigkeit vor sich gehen, welche reich ist an Kohlenstoff und Wasserstoff, so wird, ähnlich wie bei der Erzeugung der kohlereichsten, krystallinischen Substanz, des farblosen Naphthalins aus gasförmigen Kohlenwasserstoffverbindungen, eine an Kohlenstoff stets reichere Verbindung gebildet werden, aus der sich zuletzt als Endresultat ihrer Verwesung Kohlenstoff in Substanz, und zwar krystallinisch, abscheiden muss. Die Wissenschaft bietet in allen Erfahrungen, die man kennt, ausser dem Processe der Verwesung, keine Analogien für die Bildung und Entstehung des Diamants dar. Man weiss gewiss, dass er seine Entstehung nicht dem Feuer verdankt, denn hohe Temperatur und Gegenwart von Sauerstoff sind mit seiner Verbrennlichkeit unvereinbar; man hat im Gegentheil überzeugende Gründe, dass er in einer Flüssigkeit sich gebildet hat, und der Verwesungsprocess allein giebt eine bis zu einem gewissen Grade befriedigende Vorstellung über seine Entstehungsweise. So sind der Bernstein, die fossilen Harze und die Säure in dem Honigstein die Begleiter von Vegetabilien, welche den Verwesungsprocess erlitten haben; sie finden sich in Braunkohlen und sind offenbar durch einen ähnlichen Zersetzungsprocess aus Substanzen entstanden, die in einer ganz andern Form in den lebenden Pflanzen enthalten waren."

Digitized by Google

glimmt nur, und hieraus kann nach Liebig kein anderer Schluss gezogen werden, als der, dass der Wasserstoff, den die Analyse nachweist, nicht mehr in der Form darin vorhanden ist, wie im Holz, und dass man sich diesen Wasserstoff in keiner andern Form in dem verfaulten oder kranken Holze denken kann, als in der des Wassers, weil sie allein genügende Rechenschaft über dieses Verhalten giebt. Die bei vollendeter Verwesung der Holzfaser zuletzt zurückbleibende Substanz ist der sogenannte *Moder;* er macht den Haupttheil aller Braunkohlenlager und des Torfes aus. Wird der Moder in Berührung gebracht mit Alkalien oder alkalischen Erden, so geht auch er in eine weitere Verwesung über, bis endlich der Kohlenstoff völlig in Kohlensäure verwandelt und als solche von den Pflanzen absorbirt worden ist. In dem Ackerboden, wo die Luft Zutritt hat, ist also der Humus eine fortdauernde langsame Quelle von Kohlensäure (Saussure), und es muss die Aufgabe der Cultur sein, durch Bearbeitung und Auflockern der Erde den Humus einem möglichst leichten und ungehinderten Einflusse auszusetzen [7]).

Die Producte nun, welche durch die Verwesung organischer Körper in der Ackerkrume entstehen, sind unter den Namen des *Moder*, der *Dammerde*, des *Humus* und der *Humussäure*, schon seitdem Vauquelin im Jahre 1797 [8]) in dem ausgeschwitzten Safte einer kranken Ulme das Ulmin entdeckte, von Klaproth, Braconnot, Péligot, Saussure, Berzelius, Sprengel, Hermann u. A. vielfach beschrieben und untersucht worden, indem sie sowohl in der Natur vorkommende Substanzen, als auch auf künstlichem Wege durch die Einwirkung von Säuren und Alkalien auf Zucker, Holzfaser u. s. w. gebildete humusartige Verbindungen der Analyse unterwarfen; jedoch hat besonders Mulder in neuerer Zeit sich das Verdienst erworben, über die verschiedenen, in der Ackererde enthaltenen Humussubstanzen ein grösseres Licht zu verbreiten, und namentlich über die Art und Weise ihrer Entstehung aus der Holzfaser eine Ansicht aufgestellt, die wir hier mitzutheilen versuchen wollen.

Die von Mulder durch die Analyse ganz verschiedener Ackererden gefundenen Zersetzungsproducte der Cellulose, eines der Hauptbestandtheile der Pflanze, sind folgende: *Quellsäure*, *Quellsatzsäure*, *Geïnsäure*, *Humussäure* und *Humin*, *Ulminsäure* und *Ulmin* [9]). Die in Alkalien löslichen humusartigen Verbindungen lassen

---

[7]) Liebig a. a. O. S. 37.

[8]) Vauquelin: *Ann. de Chim.* t. XXI. p. 39.

[9]) Mulder: Bulletin de Néerl. 1840. p. 1; J. f. pr. Ch. XXI. 203—240 und 321—370. 1840; und XXXII. 321—344. 1844. *Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie*, von G. J. Mulder; deutsche Ausg. S. 161. (S. a. Wolff: *Vollständ. Uebersicht der elementaranalyt. Untersuchungen organischer Substanzen*, S. 527 und ff.) Die

sich ihrer Zusammensetzung nach in drei Gruppen vertheilen: die eine Gruppe enthält Kohlenstoff und die Elemente des Wassers (Huminsäure und deren Verbindungen), die andere mehr Wasserstoff, als zur Wasserbildung erforderlich ist (Ulminsäure), und die

---

Zusammensetzung der hieher gehörigen Substanzen fand Mulder folgendermaassen:

Ulminsäure aus Zucker bei 195°.

	gef.		At.		ber.
C	68,95	—	40	—	68,98
H	4,23	—	28	—	3,94
O	26,82	—	12	—	27,08.

Ulmin bei 140°.

	gef.		At.		ber.
C	65,27	—	40	—	65,65
H	4,52	—	32	—	4,28
O	30,21	—	14	—	30,07.

Ulminsäure aus langem friesischen Torf bei 140°.

	gef.		At.		ber.
C	61,85	—	40	—	62,62
H	4,79	—	36	—	4,62
O	33,36	—	16	—	32,76.

Humin aus Zucker bei 140°.

	gef.		At.		ber.
C	64,67	—	40	—	64,44
H	4,32	—	40	—	3,94
O	31,01	—	15	—	31,62.

Huminsäure aus Zucker, mit Silberoxyd verbunden, bei 100°.

	gef.		At.		ber.
C	49,04	—	40	—	49,36
H	3,23	—	30	—	3,02
O	24,58	—	15	—	24,21
AgO	23,14	—	1	—	23,41.

Humussaures Ammoniak aus hartem friesischen Torf bei 140°.

	gef.		At.		ber.
C	60,13	—	40	—	60,23
H	4,74	—	38	—	4,68
N	3,61	—	2	—	3,49
O	31,55	—	16	—	31,55

$= C^{40} H^{24} O^{12} + N^2 H^6 + 4 H^2 O.$

Humussaures Ammoniak aus einem alten Weidenbaum bei 140°.

	gef.		At.		ber.
C	59,06	—	40	—	58,98
H	4,96	—	40	—	4,82
N	2,80	—	2	—	3,41
O	33,18	—	17	—	32,79

$= C^{40} H^{24} O^{12} + N^2 H^6 + 5 H^2 O.$

Geïnsaures Ammoniak aus Ackererde bei 140°.

	gef.		At.		ber.
C	57,37	—	40	—	58,00
H	4,43	—	38	—	4,48
N	3,25	—	2	—	3,37
O	34,95	—	18	—	34,15

$= C^{40} H^{24} O^{14} + N^2 H^6 + 4 H^2 O.$

Digitized by Google

dritte eine grössere Menge Sauerstoff (Geïnsäure)[10]). Diese Stoffe finden sich in der Ackererde fast immer mit Ammoniak verbunden und enthalten meistens verschiedene Quantitäten Wasser, welches selbst nach dem Trocknen der Substanz bei 140° noch zurückgehalten wird. Sie sind deshalb nicht für identisch, aber doch für analoge Körper zu halten und unterscheiden sich durch zufällige, nicht durch wesentliche Eigenschaften; man kann sie mit Mulder, insofern sie nämlich zu einer der drei genannten Gruppen gehören, gleich den verschiedenen Zuckerarten betrachten, in denen unverkennbar die Verbindung: $C^{12} H^{18} O^9$ verborgen liegt, in denen

---

Humussaures Ammoniak aus dem Boden einer Wiese bei 140°.

	gef.		At.		ber.
C . . .	57,16	—	40	—	56,63
H . . .	5,38	—	46	—	5,32
N . . .	6,11	—	4	—	6,56
O . . .	31,35	—	17	—	31,49

$= C^{40} H^{24} O^{12} + 2 N^2 H^6 + 5 H^2 O.$

Humussaures Ammoniak aus Gartenerde bei 140°.

	gef.		At.		ber.
C . . .	57,87	—	40	—	57,72
H . . .	4,98	—	42	—	4,97
N . . .	3,52	—	2	—	3,34
O . . .	33,53	—	18	—	33,97

$= C^{40} H^{24} O^{12} + N^2 H^6 + 6 H^2 O.$

Humussaures Ammoniak aus Protein durch Salzsäure bei 140°.

	gef.		At.		ber.
C . . .	64,86	—	40	—	64,58
H . . .	4,61	—	32	—	4,22
N . . .	3,70	—	2	—	3,74
O . . .	26,83	—	13	—	27,46

$= C^{40} H^{24} O^{12} + N^2 H^6 + H^2 O.$

[10]) Mulder's *physiolog. Chemie;* deutsche Ausg. S. 160.

	C	H	O	H^2O	O
Ulminsäure, aus Zucker durch Säuren dargestellt	40	28	12		
Ulmin aus Zucker	40	28	12	+ 2	
Ulminsäure aus langem friesischen Torf	40	28	12	+ 4	
Huminsäure aus Zucker . .	40	24	12		
Humin aus Zucker	40	24	12	+ 3	
Huminsäure aus hartem Torf	40	24	12	+ 3	
Huminsäure aus einem gefaulten Baum	40	24	12	+ 4	
Huminsäure aus einer Art Ackererde	40	24	12	+ 4	
Huminsäure aus Russ . . .	40	24	12	+ 4	
Geïnsäure aus zwei Arten Ackererde	40	24	12	+ 3	+ 2
Huminsäure von einer Wiese	40	24	12	+ 2	
Huminsäure aus einer Art Ackererde	40	24	12	+ 5	
Huminsäure aus Protein durch Salzsäure	40	24	12.		

Digitized by Google

aber nicht der ganze Wassergehalt durch stärkere Basen ersetzt werden kann [11]). Ausser den angeführten humusartigen Stoffen der Ackererde, d. h. denjenigen, die aus den alkalischen Auflösungen durch Säuren wieder gefällt werden, enthält sie noch zwei andere, nicht minder wichtige Bestandtheile, nämlich die *Quellsäure* und *Quellsatzsäure*, welche beide in der Natur nie im freien Zustande, sondern gleich den humusartigen Stoffen als Doppelsalze von Ammoniak, Kali, Natron, Kalk, Magnesia oder Eisenoxyd vorkommen und als solche zum Theil löslich, zum Theil unlöslich sind, aber immer durch Ammoniak löslich gemacht werden können [12]).

Was nun die Bildung der genannten organischen Körper in

---

[11]) Mulder a. a. O. 162 u. 166 ff. u. Scheik. Onderz. Deel II. S. 88; J. f. pr. Ch. XXXII. 321—344. — „Die Ulminsäure, Huminsäure und Geïnsäure besitzen das Vermögen, Ammoniak und Wasser bis zu mehreren Procenten zu absorbiren. Erst bei 195° sind diese Körper wasserfrei. Dieses starke hygroskopische Vermögen befördert das Wachsthum der Pflanzen bedeutend. Alles Ammoniak, welches bei der Fäulniss stickstoffhaltiger Körper (Proteïn der Pflanzen und Thiere) entwickelt oder aus den Bestandtheilen der Luft und des Wassers in der porösen Erde erzeugt wird (s. den Artikel: Quellen des Ammoniaks), vereinigt sich mit der Humin- oder Geïnsäure; es finden sich davon verschiedene Modificationen in verschiedenen Arten der Ackererde; folgende war die Zusammensetzung mehrerer bei 140° getrockneter humussauren und geïnsauren Ammoniaksalze verschiedener Erd- und Torfarten:

Torf	$C^{40}H^{24}O^{12}$	$+ N^2H^6 + 4H^2O$
Verfaulter Baum	id.	$+ N^2H^6 + 5H^2O$
Erde aus einem Baumgarten	id.	$+ 2N^2H^6 + 4H^2O + 2O$
Gartenerde	id.	$+ 2N^2H^6 + 4H^2O + 2O$
Erde von einer Wiese	id.	$+ 2N^2H^6 + 5H^2O$
Gartenerde, worin Eichen wachsen	id.	$+ N^2H^6 + 5H^2O$
Gartenerde, worin Johannisbeersträuche wachsen	id.	$+ N^2H^6 + 6H^2O$.

[12]) Mulder, a. d. a. O., theilt folgende Analysen von quellsatzsauren und quellsauren Verbindungen mit:

Quellsatzsaures Ammoniak aus zwei verschiedenen Erdarten bei 140°.

	gef. I.		gef. II.		At.		ber.
C	51.89	—	50.83	—	48	—	51,66
H	3,75	—	4,16	—	43	—	3,78
N	3,37	—	4,09	—	3	—	3,74
O	40,99	—	40,92	—	29	—	40,82

$= C^{48}H^{24}O^{24} + 1\frac{1}{2}N^2H^6 + 5H^2O.$

Quellsatzsaures Ammoniak aus zwei andern Erdarten bei 140°.

	gef. I.		gef. II.		At.		ber.
C	48,37	—	48,18	—	48	—	49,24
H	3,90	—	4,04	—	47	—	3,94
N	1,11	—	1,48	—	1	—	1,19
O	45,62	—	46,30	—	34	—	45,63

$= C^{48}H^{24}O^{28} + \frac{1}{2}N^2H^6 + 10H^2O.$

Digitized by Google

der Ackererde[13]) anbetrifft, so kann man sich den Ursprung derselben aus der Cellulose als einer Hauptsubstanz des Pflanzenreichs wohl

---

Quellsatzsaures Ammoniak aus Huminsäure (aus Zucker) durch Salpetersäure bei 110°.

	gef.		At.		ber.
C . . .	55,43	—	48	—	55,10
H . . .	3,49	—	34	—	3,19
N . . .	2,98	—	2	—	2,66
O . . .	38,10	—	26	—	39,09

$= C^{48} H^{24} O^{24} + N^2 H^6 + 2 H^2 O.$

Neutrales quellsatzsaures Ammoniak-Bleioxyd bei 110°.

	gef.		At.		ber.
C . . .	28,97	—	48	—	29,98
H . . .	1,88	—	34	—	1,73
N . . .	1,80	—	2	—	1,43
O . . .	22,67	—	26	—	21,20
PbO . . .	44,68	—	4	—	45,64

$= C^{48} H^{24} O^{24} + N^2 H^6 + 4 PbO + 2 H^2 O.$

Wasserfreie Quellsatzsäure.

	gef.		At.		ber.
C . . .	59,06	—	48	—	59,00
H . . .	2,87	—	24	—	2,41
O . . .	38,07	—	24	—	38,59.

Quellsaures Ammoniak aus Ackererde bei 140°.

	gef.		At.		ber.
C . . .	44,98	—	24	—	45,59
H . . .	5,50	—	34	—	5,27
N . . .	3,88	—	2	—	4,41
O . . .	45,64	—	18	—	44,73

$= C^{24} H^{24} O^{16} + N^2 H^6 + 2 H^2 O.$

Quellsaures Ammoniak aus einer andern Erdart bei 140°.

	gef.		At.		ber.
C . . .	45,77	—	24	—	45,53
H . . .	5,35	—	31	—	5,11
N . . .	1,94	—	1	—	2,20
O . . .	46,94	—	18	—	47,16

$= 2 (C^{24} H^{24} O^{16} + H^2 O) + N^2 H^6 + H^2 O.$

Quellsäure aus einer dritten Erdart bei 140°.

	gef.		At.		ber.
C . . .	46,87	—	24	—	46,78
H . . .	4,97	—	30	—	4,77
O . . .	48,16	—	19	—	48,45

$= C^{24} H^{24} O^{16} + 3 H^2 O.$

[13]) Mulder, *physiolog. Chemie*, S. 158 u. 159: „Die *humusartigen Stoffe* oder diejenigen, welche durch Alkalien aus der Ackererde gezogen und durch Säuren wieder gefällt werden, haben, welcher Erdart sie auch entnommen sein mögen, grosse Aehnlichkeit sowohl unter einander, als auch mit denjenigen Stoffen, welche durch manche chemische Agentien aus den allgemein in dem Pflanzen- und Thierreiche verbreiteten Stoffen erzeugt werden. Wenn wir aus der Holzsubstanz, aus dem Amylon, Gummi und Zucker und aus dem Proteïn durch Fäulniss oder eine Säure, und aus der Holzsubstanz auch durch Hitze (in dem Russ der Schornsteine) immer dieselben chemischen Stoffe entstehen sehen, so ist dies ein unwiderlegbarer Beweis, dass Fäulniss, Säuren und Hitze gleiche Wirkung auf jene Körper äussern und also

Digitized by Google

erklären[14]). Nimmt man mit Mulder die Cellulose = $C^{24}H^{42}O^{21}$, so bildet sich zunächst aus 2 Atomen derselben, unter Entwicklung von 8 Aeq. Kohlensäure und Ausscheidung von 14 Aeq. Wasser, Ulminsäure, während 28 Atome Wasserstoff übrig bleiben, welche im *Statu nascenti* die Ammoniakbildung aus dem Stickstoff der Atmosphäre unterstützen. Dasselbe ist der Fall bei der Entstehung der Quellsatzsäure aus der Huminsäure, welche durch Oxydation

---

in ihrer chemischen Thätigkeit übereinkommen. Ist nun die Fäulniss ein chemischer Process und eine Erscheinung, welche unmittelbar nach dem Aufhören der individuellen Lebensthätigkeit erfolgt, so wird man von selbst zu dem Schlusse geführt, dass auch die eigentliche Lebensthätigkeit durch chemische Actionen bedingt wird, die aber verschieden sind von denjenigen, welche wir mit dem Namen Fäulniss bezeichnen. — Ferner ist man zu dem Schluss berechtigt, dass, da unter so verschiedenen Bedingungen (Fäulniss und Einwirkung einer Säure) und aus so sehr verschiedenen Materien (Holzsubstanz und Proteïn, Amylon und Phloridzin, [Huminsalpetersäure und Phloretinsalpetersäure sind identisch, beide sind quellsatzsaures Ammoniak: Scheik. Onderz. Deel II. 76—136; J. f. pr. Ch. XXXII. 321—344. 1844]) dieselben Stoffe entstehen, alle jene ungleichartigen complexen Stoffe, Proteïn, Holzsubstanz, Amylon, Gummi, Zucker, Phloridzin und noch eine Menge anderer eine gleichartige Gruppirung der Molecüle besitzen, oder dass darin eine Verbindung verborgen liegt, welche in der Humussäure und dem Humin als Prototyp angetroffen wird. Diese Betrachtungen zeugen wieder von der Einfachheit der Mittel, deren sich die Natur zur Erreichung allgemeiner Zwecke bedient."

[14]) *Ueber die Bestandtheile der Ackererde*, von Mulder (Scheik. Onderzoek. II Deel. S. 76—136), J. f. pr. Ch. XXXII. 321—344. Aus zahlreichen Versuchen folgt, dass alle bis jetzt bekannten Bestandtheile der Ackererde, die Geïnsäure, Ulminsäure, Humussäure, Quellsäure und Quellsatzsäure, stickstofffreie Körper sind und mit Ammoniak oder andern Basen verbunden werden können, damit auch zum Theil verbunden vorkommen. Es ist höchst wahrscheinlich, dass als eigenthümliche feste Zersetzungsproducte aller organischen Stoffe keine andern in der Ackererde vorkommen. Der Ursprung dieser Substanzen ist nicht bei allen mit Sicherheit nachzuweisen. Die Quellsatzsäure kann und muss aus der Quellsäure entstehen. Bildet sie sich auch aus der Humussäure? Diese Frage lässt sich mit einiger Wahrscheinlichkeit mit Ja beantworten. Wir sahen nämlich, dass durch die Einwirkung der Salpetersäure auf Humussäure + quellsatzsaures Ammoniak entsteht. Wir werden sogleich mittheilen, auf welche Weise die Elemente der Salpetersäure in dem Boden condensirt werden.

Auf welche Art die Quellsäure sich bildet, ist schwieriger nachzuweisen. Die Zusammensetzung derselben ist $C^{24}H^{24}O^{16}$. Wir finden also in derselben dieselbe Anzahl von Kohlenstoffatomen, wie in der Cellulose, Stärke, im Gummi, Zucker vorhanden sind. Wenn bei der faulenden Zersetzung aus einer dieser Substanzen die Quellsäure in der Ackererde gebildet wird, — und es ist dies wahrscheinlich — so kann es folgendermaassen geschehen:

Cellulose	$C^{24}H^{42}O^{21}$
Quellsäure	$C^{24}H^{24}O^{16}$
	$H^{18}O^{5}$
O^{4} aus der Luft	O^{4}
9 Aq.	$H^{18}O^{9}$.

der Ulminsäure entstand; bei der Bildung der Quellsatzsäure bleiben wiederum 24 Atome Wasserstoff übrig, nachdem aller Kohlenstoff, der ausgeschieden wird, durch den Sauerstoff der Luft zu Kohlensäure oxydirt worden ist. Die Quellsatzsäure entsteht nach Berzelius leicht aus der Quellsäure durch Aufnahme von Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft; und umgekehrt hat Berzelius ebenfalls die Umwandlung der Quellsatzsäure in Quellsäure beobachtet, durch das Mittel der Salpetersäure. Bei der fortwährenden

---

In dem faulenden Holze finden wir vom Anfange des Faulens an Quellsäure, Quellsatzsäure und Ulminsäure. Die Quellsäure verschwindet, wenn man die faulenden Stoffe dem freien Luftzutritt aussetzt. Mit Basen verbunden, hat sie fast eine noch grössere Neigung, in Quellsatzsäure überzugehen. In den obersten Erdschichten kommt also keine Quellsäure vor, in den untersten kann sie sich erhalten.

Entsteht aus Cellulose Humussäure oder Humin, so werden zuerst Ulminsäure und Ulmin gebildet und diese durch den oxydirenden Einfluss der Luft in Huminsäure und Humin verändert.

Ulmin und Ulminsäure	$C^{40} H^{28} O^{12}$
O^2 aus der Luft . . .	O^2
Humin und Huminsäure	$C^{40} H^{24} O^{12}$
2 Aq.	$H^4 O^2$.

Bildet sich endlich Geïnsäure aus Humussäure, so geschieht es wiederum durch Oxydation:

Humussäure	$C^{40} H^{24} O^{12}$
Sauerstoff aus der Luft	O^2
Geïnsäure	$C^{40} H^{24} O^{14}$.

Wird Cellulose in Ulminsäure verwandelt, so kann dies nach dem folgenden Schema geschehen, wobei wiederum Wasserstoff übrig bleibt:

Cellulose . .	$C^{48} H^{84} O^{42}$
Ulminsäure,	$C^{40} H^{28} O^{12}$
Kohlensäure	$C^8 \quad O^{16}$
Wasser . . .	$H^{28} O^{14}$
	$C^{48} H^{56} O^{42}$.

Hierbei bleiben H^{28} übrig. Es ist nun mit Bestimmtheit nachzuweisen, dass sich beim Faulen der Cellulose Kohlensäure und Ulminsäure bilden, welche, indem sie bei dem weitern Fortschreiten des Processes in Huminsäure verwandelt wird, O^2 bedarf, um H^{24} übrig zu lassen.

Nur sieben Stoffe kennen wir als feste Zersetzungsproducte der Cellulose, eines der Hauptbestandtheile im Pflanzenreiche; diese sind Ulmin, Humin und die dazu gehörigen Säuren, die Geïnsäure, Quellsäure und die Quellsatzsäure. Die Analyse ganz verschiedener Arten von Pflanzenerden hat nichts Anderes geliefert. Was aus dem sogenannten die Cellulose incrustirenden Stoffe wird, ist nicht bekannt, ebenso wenig was aus den Pflanzensäuren und Pflanzenbasen, aus den Harzen, Farbstoffen und vielen andern Körpern des Pflanzenreiches wird. Von den thierischen Substanzen ist es bekannt, wenigstens von allen Proteïnverbindungen, dass sie unter Aufnahme von Sauerstoff in Huminsäure und Ammoniak verwandelt werden (J. f. pr. Ch. XXI. 343). Von dem Leinen ist dies nicht bekannt, aber ausgemacht ist es, dass Ammoniak aus demselben entstehen kann, und dass aus $C^{13} H^{20} N^4 O$ wenigstens $2 N^2 H^6$ sich bilden. Was aus den andern Elementen bei der faulenden Gährung wird, ist noch unbekannt.

Digitized by Google

Neigung zur Nitrification in dem Erdboden verwandelt sich die Quellsatzsäure allmählig in Quellsäure; damit schliesst sich die Reihe der Ulminsäure, Huminsäure, Geïnsäure und Quellsatzsäure. In der obersten Schicht dagegen, wo die Luft nicht abgeschlossen

---

Nehmen wir nun die drei zuerst in dem Boden gebildeten und in demselben immer vorkommenden Substanzen, und denken wir sie uns aus der Cellulose gebildet, so haben wir:

Ulminsäure . .	$C^{10}\ H^{28}\ O^{12}$
Quellsäure . .	$C^{24}\ H^{24}\ O^{16}$
Quellsatzsäure	$C^{48}\ H^{24}\ O^{24}$
	$C^{112}\ H^{76}\ O^{52}$.

Wenn diese drei Substanzen zu gleicher Zeit aus der Cellulose entstehen, so sehen wir, dass unter der Bildung von Kohlensäure 60 Aeq. Wasserstoff übrig bleiben:

5 Aeq. Cellulose	$C^{120}\ H^{210}\ O^{105}$
davon 8 Aeq. Kohlensäure	$C^{8}\ \ O^{16}$
	$C^{112}\ H^{210}\ O^{89}$
Ulminsäure und Quellsäure	$C^{112}\ H^{76}\ O^{52}$
	$H^{134}\ O^{37}$
37 Aq.	$H^{74}\ O^{37}$
	H^{60}.

Wir wissen nun, dass bei der faulenden Gährung Sauerstoff absorbirt wird und nicht eben viel Kohlensäure an dessen Stelle tritt (s. unten); dieser Sauerstoff dient dazu, um mit dem Wasserstoff Wasser zu bilden. Bei der Umwandlung von einfacher Cellulose in Ulminsäure sahen wir 8 Aeq. Kohlensäure frei werden. Zur Entwicklung dieser Kohlensäure ist keine Absorbirung von Sauerstoff nothwendig, ebenso wenig wie bei der alkoholischen Gährung des Zuckers. Aber soll aus dem sogenannten incrustirenden Stoffe Ulminsäure gebildet werden, aus einem Stoffe, dessen Quantität weit ansehnlicher ist in den holzartigen Gewächsen, als die der eigentlichen Cellulose, so geschieht die Entwicklung der Kohlensäure und die Absorbirung von Sauerstoff in einem noch unbekannten Verhältnisse. Wird die Ulminsäure vielleicht in Quellsäure verändert, so ist dazu Sauerstoff nothwendig und wohl weit mehr, als Kohlensäure entwickelt wird. 36 Aeq. Sauerstoff +

Ulminsäure	$C^{10}\ H^{28}\ O^{48}$
Quellsäure	$C^{24}\ H^{24}\ O^{16}$
Kohlensäure	$C^{16}\ \ O^{32}$
Wasserstoff	H^{4}.

Auch hierbei bleibt wiederum Wasserstoff übrig. Mit einem Worte: bei der faulenden Gährung der indifferenten Pflanzenstoffe, der Cellulose, Stärke, des Gummi's, Zuckers und ihrer Umwandlung in Humin, Ulmin, Ulminsäure, Huminsäure, Quellsäure und Quellsatzsäure wird stets Wasserstoff frei, und noch viel mehr, wenn alle diese Stoffe bei fortwährender Zersetzung in Kohlensäure, unter Absorbirung von Sauerstoff, verändert werden. In diesem Falle wird an Wasserstoff frei:

Ulminsäure	$C^{10}\ H^{28}\ O^{12}$
Quellsäure	$C^{24}\ H^{24}\ O^{16}$
Quellsatzsäure	$C^{48}\ H^{24}\ O^{24}$
	$C^{112}\ H^{76}\ O^{52}$
Sauerstoff aus der Luft	O^{172}
Kohlensäure	$C^{112}\ \ O^{224}$
Wasserstoff	H^{76}.

Digitized by Google

ist, und die Neigung zur Salpeterbildung also nicht mehr besteht, muss im Gegentheil die Quellsäure wieder in Quellsatzsäure zurückgeführt werden. Es verdient Beachtung, dass bei der Verwandlung der allgemein in dem Pflanzenreich vorkommenden Stoffe in Bestandtheile der Ackererde, also bei der Verwesung von Cellulose, Amylon, Gummi, Zucker u. s. w., stets Wasserstoff frei wird. Aus allen diesen Körpern entsteht zuerst Ulminsäure, welche sich in Huminsäure verwandelt; hieraus wieder Quellsatzsäure und endlich

---

Die Frage ist nun, ob aller Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Luft zu Wasser verbunden wird. Auf die Beantwortung dieser Frage wollen wir näher eingehen; sie ist von Bedeutung. Nach Liebig muss sie mit Ja beantwortet werden; nach ihm wird aller Wasserstoff und Kohlenstoff der Pflanzenstoffe durch den Sauerstoff der Luft zuletzt in Wasser und Kohlensäure verwandelt.

Bei der faulenden Gährung muss man vor allen Dingen zwei Verhältnisse unterscheiden: vollkommner und unvollkommner Zutritt der Luft. Wenn das Erstere der Fall ist, so oxydiren sich der Kohlenstoff und der Wasserstoff der organischen Substanzen völlig zu Kohlensäure und Wasser, und enthält die Substanz Stickstoff, so wird dieser zu Salpetersäure oxydirt, nachdem sich zuerst Ammoniak gebildet hatte, wie dieses Liebig deutlich nachgewiesen hat. Beim unvollkommnen Zutritt des Sauerstoffs geht das Faulen ganz anders vor sich. Dann bilden sich zuerst Humin-, Ulmin-, Geïn- und Quellstoffe. Der Kohlenstoff, der nicht Sauerstoff genug findet, um zu Kohlensäure zu werden, bildet Kohlenoxyd und mit dem Wasserstoffe Kohlenwasserstoffe; der Wasserstoff verbindet sich mit dem Stickstoffe der organischen Substanzen nicht weiter als zu Ammoniak, und ist Schwefel und Phosphor vorhanden, zu Schwefel- und Phosphorwasserstoff.

In der Ackererde ist der Zutritt der Luft theils vollkommen, theils unvollkommen. Die obersten Lagen erleiden eine ganz andere Veränderung als die darunter gelegenen. In den ersteren geht eine vollkommene Oxydation zu Kohlensäure, Wasser und Salpetersäure (nach vorangegangener Bildung von Ammoniak) vor sich. In den untern Schichten geht zum Theil auch die Oxydation vor sich, aber zum Theil bilden sich Producte, welche im verschlossenen Raume aus organischen Substanzen entstehen. In den untern Lagen kann sich keine grosse Menge Kohlensäure erzeugen, kein Ammoniak sich zu Salpetersäure oxydiren. Die untern Lagen der Ackererde sind mit atmosphärischer Luft vermengt, aber dieselbe erfrischt und erneuert sich nur sehr langsam. Der Sauerstoff derselben wird zur Oxydation des Kohlenstoffs und Wasserstoffs verbraucht. Der Stickstoff bleibt übrig.

Was wird unter diesen Umständen aus dem Stickstoffe? Diese Frage fällt mit einer andern zusammen: was wird aus dem während des Ueberganges der indifferenten Pflanzenstoffe in Humin- und Ulminstoffe, in Geïnsäure, Quell- und Quellsatzsäure frei gewordenen Wasserstoffe?

Es ist bekannt, dass organische Körper, mit Luft abgeschlossen und einer bestimmten Temperatur ausgesetzt, im Allgemeinen weit schneller verfaulen und schimmeln, als wenn die Luft erneut und erfrischt werden kann. Derselbe Fall hat in der Ackererde Statt. Durch Versuche von Hermann (J. f. pr. Ch. XXVII. S. 165) soll bewiesen sein, dass beim Faulen nicht nur Sauerstoff, sondern auch Stickstoff condensirt wird. Diese Versuche selbst sind zu wenig genau, um daraus etwas schliessen zu können; aber wir haben im Grossen Erfahrungen genug, um zu der Ueberzeugung zu gelangen, dass der Stickstoff aus der Luft condensirt werden und in Salpetersäure übergehen kann.

Digitized by Google

Quellsäure. Jene Reihe von Veränderungen muss durchlaufen werden, ehe die organischen Stoffe sich in Kohlensäure und Wasser zersetzen. Dieser ganze Process beruht auf einer einfachen Oxydation und ist also, wenn man will, eine langsame Verbrennung. Es ergiebt sich aus der Zusammensetzung der genannten fünf Stoffe, dass bei der Humusbildung immer eine neue Quantität Sauerstoff gebunden wird. Lässt man allen Kohlenstoff der Ulminsäure, Quellsatzsäure und Quellsäure sich oxydiren, so bleiben

---

Die Salpeterbildung in den Höhlen von Ceylon, in Spanien, Aegypten und Indien, in Grotten an den Ufern der Seine u. s. w. ist bekannt genug, besonders in solchen Grotten oder Kellern, worin die Luft lange eingeschlossen bleibt und nicht erneuert wird, zumal wenn eine kleine Menge thierischer Stoffe, thierischer Ausdünstungen, zugegen ist, aber eine Menge, welche wohl im Stande ist, die Salpeterbildung einzuleiten, aber nicht hinreicht, um alle Salpetersäure zu bilden, welche mit den Basen der Mauer verbunden ist.

Alle diese Salpeterbildung kann nur entweder zum grossen Theil oder ausschliesslich dem Stickstoffe der Luft zugeschrieben werden. Fügen wir noch hinzu, dass bei der künstlichen Salpeterbildung zuerst Ammoniak gebildet wird, es sei aus den stickstoffhaltigen thierischen Stoffen allein, oder aus diesen und dem Stickstoffe der Luft und dem Wasserstoff der faulenden Körper zusammen, und dass dieses Ammoniak durch den Sauerstoff der Luft zu Wasser und Salpetersäure oxydirt wird, welches Liebig und Kuhlmann sehr wahrscheinlich gemacht haben: dann muss auch in der von der Ackererde eingeschlossenen Luft eine ähnliche Veränderung stattfinden. Der stets bei der Faulung frei werdende Wasserstoff findet in der Ackererde Luft vor, um Ammoniak zu bilden, welches später zu Salpetersäure und Wasser oxydirt wird. Alle porösen Mineralien enthalten Ammoniak, welches aus der Atmosphäre condensirt sein soll. Aber wenn wir betrachten, dass die in Kellern eingeschlossene Luft Salpetersäure bildet und diese Salpetersäure ein Oxydationsproduct des Ammoniaks ist, so wird das in porösen Körpern gefundene Ammoniak vielmehr ein Product der Verbindung des Stickstoffes der Luft sein, ebenso wie in den Ceylon'schen Salpetergruben.

Ob in der Ackererde durch Oxydation des Ammoniaks eine Salpeterbildung stattfindet, ist nicht mit Sicherheit zu entscheiden. Aber wahrscheinlich ist eine solche Oxydation zu Salpetersäure in der Ackererde nicht. Es sind nämlich immer hinlänglich Kohlenstoff abscheidende Substanzen zugegen, welche sich des Sauerstoffes der Luft bemächtigen, um Kohlensäure zu bilden, und dadurch die Oxydation des Ammoniaks zu Wasser und Salpetersäure verhindern. Im Uebrigen sind die Umstände in der Ackererde der Salpeterbildung günstig; Kalk, Magnesia und Kali, drei Basen, welche bei der Nitrification eine so wichtige Rolle spielen, findet man auch in dieser vor.

Dass auf diese Weise Quellsatzsäure aus der Huminsäure entstehen kann, ist aus der Einwirkung der Salpetersäure auf die Humussäure wahrscheinlich (J. f. pr. Ch. XXI. S. 360). Die Humussäure und Salpetersäure bilden nämlich $\frac{1}{4}$ quellsatzsaures Ammoniak, Ameisensäure und Oxalsäure, indem N^2 und O^{11} aus den Elementen der Salpetersäure aufgenommen werden. Eine eigentliche Nitrification kann also in der Ackererde nicht stattfinden, da, sowie aus dem mit Humussäure verbundenen Ammoniak, durch den Sauerstoff der Luft Salpetersäure gebildet wird, diese augenblicklich aus dem humussauren Ammoniak quellsatzsaures Ammoniak bilden wird, während zugleich anstatt der Ameisen- und Oxalsäure unter diesen Umständen Kohlensäure entstehen wird;

Digitized by Google

zuletzt 76 At. Wasserstoff übrig. Dieser Wasserstoff oxydirt sich ohne Zweifel grösstentheils zu Wasser; aber im Moment des Freiwerdens befördert er die Ammoniakbildung aus dem Stickstoff der Luft und dadurch bei der wirklichen Salpeterbildung die letztere, in der Ackerkrume aber die Entstehung der Quellsatzsäure und Quellsäure. Hieraus geht hervor, dass die Beobachtung von Saussure unmöglich richtig sein kann, nach welcher eine Ackererde ebenso viel Kohlensäure giebt, als sie Sauerstoff aufnimmt. Dieser Behauptung widerspricht die Gegenwart der Ulminsäure, Quellsatzsäure und Quellsäure (Mulder).

C. Quellen des Ammoniaks.

Es wurde schon vorher angedeutet, dass Mulder die Bildung des Ammoniaks in der Ackererde durch eine Verbindung des Stickstoffs der Atmosphäre mit dem durch Verwesung organischer Stoffe frei werdenden Wasserstoff für wahrscheinlich hält; es wird wichtig sein, diesen Gegenstand hier näher in's Auge zu fassen, da das Ammoniak ein nothwendiges und hauptsächliches Nahrungsmittel für die Pflanzen bildet und daher die Gegenwart desselben in der Ackererde, wie in der die Pflanzen umgebenden atmosphärischen

2 humussaures Ammoniak . .	$C^{80} H^{72} O^{30} N^4$
Sauerstoff	O^{76}
	$C^{80} H^{72} O^{106} N^4$
$\frac{2}{3}$ quellsatzsaures Ammoniak	$C^{48} H^{40} O^{66} N^4$
Kohlensäure	$C^{32} O^{64}$
Wasser	$H^{32} O^{16}$
	$C^{80} H^{72} O^{106} N^4$.

Eine höhere Oxydation der Quellsatzsäure verändert diese in Quellsäure: $\frac{2}{3}$ quellsatzsaures Ammoniak $C^{48} H^{40} N^4 O^{26}$ = quellsaures Ammoniak $C^{24} H^{40} N^4 O^{18} + C^{24} O^{48} = C^{48} H^{40} N^4 O^{66}$. 66 — 26 = 40 Aeq. Sauerstoff müssen also aus der Luft hinzutreten bei dieser Umwandlung.

Dass die Holzkohle, worin Pflanzen wachsen können, auf gleiche Weise auch Ammoniak aus Wasser und aus der abgeschlossenen Luft bilden könne, und dass hierdurch Quellsatzsäure und Quellsäure entstehen können,' ist nach den Versuchen von Berzelius, welcher aus Salpetersäure und Holzkohle quellsatzsaures Ammoniak bereitet hat, sehr wahrscheinlich. Durch den Einfluss der Vegetation muss diese Veränderung befördert werden. Eine kleine Quantität Ammoniak, aus organischen Substanzen herrührend, aus von den keimenden Pflanzen abgefallenen Cotyledonen, kann diesen Process zuerst einleiten, und darauf derselbe durch die eingeschlossene feuchte atmosphärische Luft fortgesetzt werden. Hieraus lassen sich die 2 Proc. Humusextract erklären, welche Büchner in der Holzkohle fand, die Lucas ein Jahr hindurch zum Pflanzenbau benutzt hatte.

Alle diese Verhältnisse verdienen näher geprüft zu werden. Es ist nicht genug, Ansichten aufzustellen, sondern man muss Versuche liefern, auf die man bauen kann. Der letzte Act also der Salpeterbildung in dem Ackerboden lässt aus dem ulminsauren Ammoniak humussaures, aus diesem geïnsaures, aus diesem quellsatzsaures und aus diesem quellsaures Ammoniak entstehen.

Digitized by Google

Luft deren Wachsthum sehr befördert und für dasselbe unentbehrlich zu sein scheint.

Man glaubte sehr lange, dass die Pflanze selbst die Fähigkeit besitze, den Stickstoff aus der Luft zu condensiren und zu assimiliren, weil man sich sonst nicht das Vorhandensein des Stickstoffs in wildwachsenden Pflanzen, denen aus den Bestandtheilen des Erdreiches kein Stickstoff dargeboten wurde, zu erklären vermochte; weil aber nach den bisherigen Erfahrungen und Beobachtungen der freie Stickstoff in den Pflanzen keine Verbindungen einzugehen vermag, sondern, wie es scheint, das Ammoniak das alleinige Mittel bildet, welches im Momente seiner durch die Lebenskraft der Pflanzen bewirkten Zersetzung den assimilirbaren Stickstoff darbietet, so muss man also entweder mit Liebig das Ammoniak, ähnlich wie die Kohlensäure, als einen constanten und nothwendigen Bestandtheil der Atmosphäre betrachten, der schon vor dem Beginn des organischen Lebens auf der Erde vorhanden war und erst durch dasselbe mehr und mehr fixirt wurde [15]), oder

---

[15]) Liebig, *Agriculturchemie*, S. 281. „Man kannte und betrachtete das Ammoniak nur als das Product der Zerstörung und Zerlegung der Organismen; die Erzeugung und Bildung des Ammoniaks setzte das Vorhandensein von Pflanzen und Thieren voraus. Daher denn zwei Ansichten über den Ursprung des Ammoniaks, über deren Richtigkeit ebenso wenig ein entscheidender Beweis geführt werden kann, wie über die Frage, ob das Huhn vor dem Ei oder das Ei vor dem Huhn vorhanden war, ob das Wasser als Wasserstoff und Sauerstoff oder als Wasser geschaffen worden ist. Wir haben Gründe genug zu glauben, dass der Thierwelt eine Pflanzenwelt voranging; wir nehmen an, dass vor der Pflanze die Bedingungen ihres Lebens und ihrer Vermehrung vorhanden waren, dass also damals wie jetzt das Ammoniak einen Bestandtheil der Luft ausmachte, und die Zerstörung der Pflanze der Erzeugung von Ammoniak nicht vorausging. Es ist nun klar, dass, wenn die nämlichen Ursachen noch fortwirken, welche vor dem Beginn des Pflanzenlebens die Bildung des Ammoniaks vermittelten, wenn ihre Wirkung einen Uebergang von gasförmigem Stickstoff in Ammoniak zur Folge hätte, so müsste noch heute, in jedem Zeitmomente, Ammoniak gebildet und die Summe des vorhandenen dadurch vergrössert werden. Es liegt in der Natur des menschlichen Geistes, sich Fragen dieser Art zur Aufgabe zu stellen, selbst wenn die Hoffnung, sie zu lösen, noch so klein ist. Wir wissen, dass die feste Erdrinde aus Verbindungen von Sauerstoff mit Metallen oder andern Radicalen besteht, und es scheint die Ansicht ganz zulässig, dass Kieselerde aus Kiesel und Sauerstoff, Eisenoxyd aus Eisen und Sauerstoff, und demzufolge Magnesia und Kali aus Sauerstoff, Magnesium und Kalium entstanden sind, und dennoch ist es völlig unmöglich, eine Ursache zu bezeichnen, welche vor der Zeit, wo die Verbindung vor sich ging, den Sauerstoff hinderte, sich mit Kalium oder Magnesium zu vereinigen. Gab es, kann man fragen, eine Zeit, wo alle einzelnen Elemente in einem Chaos neben einander schwammen, wo sie keine Art von Verwandtschaft zu einander hatten? In welchem Zustande befand sich damals das Chlor des Kochsalzes, der Kohlenstoff der Kohlensäure? Man bemerkt leicht, dass es über Fragen, welche den ursprünglichen Zustand der Materie berühren, keine Antwort giebt, und wenn wir über den Ursprung des Ammoniaks nicht mehr zu erfahren vermögen, als wir über die Bildung dieser anderen auf der

Digitized by Google

es muss in der Natur noch eine andre Quelle von Ammoniak existiren, ausser derjenigen, welche in der Verwesung organischer Körper ihre Erklärung findet, und dann muss dieselbe Quelle, welche den ersten Pflanzen das Ammoniak lieferte, welches zu ihrer Entwicklung und ihrem Gedeihen unentbehrlich war, auch noch jetzt, wie damals, existiren und in jedem Augenblicke die Menge des vorhandenen Ammoniaks vergrössern.

Man hat oftmals einen grösseren oder geringeren Ammoniakgehalt in gewissen Erdarten und Mineralsubstanzen nachgewiesen. So enthält aller Thon deutliche Spuren von Ammoniak, alle Eisenerze geben beim Glühen etwas ammoniakalisches Wasser und dasselbe hat Braconnot[16]) bei den meisten Basalten, bei dem Trapp, dem Granit von Rochepon, von Bresse, dem Syenit, Amphibol, einer Lava, dem Quarz von Gerordines, dem Serpentin, Muschelkalk, dem Pegmatit und vielen andern Felsarten und Mineralien gezeigt; Sarzeau[17]) beobachtete, dass bei der Oxydation des schwefelsauren Eisenoxyduls bei der Berührung mit der Luft eine Ammoniakbildung stattfinde, und dass durch Zersetzung dieses Salzes mittelst eines ätzenden Alkali's in dem Maasse, wie die Oxydation weiter schreitet, sich gleichfalls dieses Alkali erzeugt. Viele sind der Ansicht, dass das Ammoniak in diesen Substanzen aus seinen Elementen condensirt werde, und dass dies namentlich dann der Fall sei, wenn die Oxydation irgend eines Metalles die Zersetzung des Wassers veranlasse und der Wasserstoff in dem Momente seines Freiwerdens mit dem Stickstoff der Luft in unmittelbare Berührung trete (Kuhlmann[18]) u. A.). Nach Liebig kann man aber nicht annehmen, dass die Eisenoxyde aus dem metallischen

---

Erde vorkommenden Verbindungen wissen, so muss man sich schon damit zufrieden geben, dass diese Fragen überhaupt nicht lösbar sind oder vielleicht erst in einer zukünftigen Zeit lösbar werden."

[16]) Braconnot: Ann. de Chim. et de Ph. LXVII. p. 104 u. ff.

[17]) Sarzeau (J. de Pharm. Mai 1837. p. 218), J. f. pr. Ch. XIII. 178—180.

[18]) Kuhlmann; Lieb. Ann. der Pharm. XXVII. S 22 und XXIX. 284 u. ff. „Bei der Bildung des Ammoniaks in dem Roste und bei der Bereitung des *Aethiops martialis* muss man annehmen, dass der Stickstoff, welcher mit dem im Entstehungsmomente auftretenden Wasserstoffe Ammoniak bildet, von der Luft geliefert wird; in allen Fällen muss aber das Wasser, durch seine Eigenschaft, etwas Stickstoff aufzulösen, als Ueberträger dienen. Die Beispiele, wo der Stickstoff der Luft zur Ammoniakbildung verwendet wird, scheinen selten zu sein, denn bis jetzt kennt man kein anderes als das beim Roste und dem *Aethiops martialis*. — Wenn beim Rosten der Stickstoff der Luft sich mit dem frei werdenden Wasserstoff zu Ammoniak verbindet, so lässt sich mit demselben Rechte annehmen, dass bei der Zersetzung organischer Materien das Ammoniak sich auf Kosten des vom Wasser absorbirten Stickstoffs und des frei werdenden Wasserstoffs erzeugt. Diese Ansicht erlaubte, wenn sie durch neue Thatsachen, durch zahlreichere und folglich schlagendere Versuche bestätigt wird, die bei einer Menge von Fällen nachgewiesene Gegenwart von Ammoniak leichter zu erklären, wo es schwierig

Digitized by Google

Eisen auf Kosten der Zersetzung des Wassers entstanden sind, da wir wissen, dass bei gewöhnlicher Temperatur das Eisen nicht die Zersetzung des Wassers bewirken zu können scheint, und bei höherer Temperatur, wo dieses der Fall ist, wird gleichfalls das Ammoniak wieder in seine Bestandtheile zerlegt. Es scheint ferner keineswegs bewiesen zu sein, dass, wo Wasserstoff im Entstehungsmomente mit Stickstoff in Berührung tritt, auch Ammoniak gebildet werde, wie denn, wo Metalle in einer Säure unter Wasserstoffgasentwicklung sich auflösen, in der Auflösung kein Ammoniaksalz nachgewiesen werden kann (Liebig), und ebenso bekannt ist es, dass bei der Zersetzung des Wassers durch den elektrischen Strom das gebildete Wasserstoffgas immer eine gewisse Menge Stickstoff enthält, welcher in dem zerlegten Wasser aufgelöst war und nicht mit dem Wasserstoff zu Ammoniak sich verbunden hatte. Es ist vielmehr klar, dass der Ammoniakgehalt der Thonerde, der Eisenoxyde und vieler Gebirgsarten theils aus der chemischen Verwandtschaft dieser Körper zum Ammoniak, theils auch aus der Porosität des Gesteins sich erklären lässt, welche eine Condensation des in der Atmosphäre stets in geringer Menge vorhandenen Ammoniaks veranlasst [19]).

Die Wichtigkeit der Frage, ob wirklich das Wasserstoffgas in seinem Entstehungsmomente unter gewissen Umständen mit dem Stickstoff der Luft eine chemische Verbindung einzugehen vermag, hat in neuerer Zeit eine Reihe von genauen Versuchen veranlasst, von denen hier zunächst die von Faraday ausgeführten in Betracht zu ziehen sind [20]). Diese Versuche zeigen deutlich, dass das Am-

ist, die Präexistenz von thierischer Materie anzunehmen. Gleichwohl bleibt man noch in Ungewissheit über die Ursachen der Ammoniakbildung in den natürlichen Eisenoxyden, besonders den krystallisirten, wie beim Eisenglanz von der Insel Elba und von Framont. Was die Gegenwart des Ammoniaks in dem Thone, dem Gipse, der Kreide u. s. w. betrifft, so lässt sich eine Condensation des Ammoniaks annehmen, was in geringer Menge in der Luft, in der Nähe bewohnter Orte, nachgewiesen ist, und was sich, nach den vorhergehenden Betrachtungen, überall erzeugen kann, wo sich organische, selbst stickstofffreie Materien zersetzen."

[19]) Liebig, *Agriculturchemie* etc. S. 284. „Man hat als einen evidenten Beweis der Ammoniakbildung aus dem Stickstoff der Atmosphäre die Erfahrung betrachtet, dass das Eisenoxyd, was sich beim Rosten des Eisens in der Luft bildet, stets eine Menge Ammoniak enthält; allein die Luft enthält Ammoniak, was zum Eisenoxyde eine beträchtliche Verwandtschaft besitzt. Marshal Hall hat die Unrichtigkeit der Ansicht, dass hierbei Wasser zerlegt werde, schon dargethan, und besonders zu diesem Zwecke in dem hiesigen Laboratorium angestellte Versuche haben bewiesen, dass, wenn die Luft, ehe sie mit dem rostenden Eisen in Berührung kommt, durch eine Röhre mit concentrirter Schwefelsäure geleitet und damit von ihrem Ammoniakgehalt befreit wird, das sich bildende Oxyd keine Spur von Ammoniak enthält."

[20]) Die Versuche von Faraday sind im Quarterly Journ. of Science t. XIX. p. 16 mitgetheilt und im Auszuge von Will im Journ. f. pr. Ch. XXVIII. S. 309 und ff., wie auch in Liebig's *Agriculturchemie* S. 286 und ff. abgedruckt. Wir entlehnen hieraus das Folgende:

Digitized by Google

moniak, wo es von Faraday beim Glühen von Kalihydrat mit stickstofffreien Substanzen gefunden wurde, sich nicht erst bildete, sondern dass es in den angewandten Materien entweder schon vorhanden war, oder beim Stehen an der Luft aus derselben aufgenommen wurde; war die Luft vollkommen ammoniakfrei und ebenso die angewandten Substanzen, so konnte Faraday in den von ihm ausgeführten Versuchen unter keinerlei Umständen einen Ammoniakgehalt nachweisen; immer waren die erhaltenen Quantitäten äusserst gering, obgleich sie nicht quantitativ bestimmt wurden. Die Beobachtungen Faraday's sind von Reiset[21]) und besonders von

---

Faraday beobachtete, dass eine organische Materie, die er auf ihren Stickstoffgehalt untersuchen wollte, beim Zusammenschmelzen mit Kalihydrat Ammoniak gab, während er keins erhielt, wenn sie in einer Röhre für sich erhitzt wurde. Bei weiterer Ausdehnung seiner Versuche fand er, dass viele stickstofffreie organische Materien diese Erscheinung zeigten, ebenso viele Metalle, wie Eisen, Zink, Zinn, Blei, Arsenik und auch Kupfer. Er bekam z. B. mit Holzfaser, oxalsaurem Kali, oxalsaurem Kalk, weinsaurem Bleioxyd, essigsaurem Kalk, Asphalt sehr merkliche Quantitäten Ammoniak; mit essigsaurem Kali, essigsaurem Bleioxyd, weinsaurem und benzoësaurem Kali, oxalsaurem Bleioxyd, Zucker, Wachs, Olivenöl, Naphtalin sehr wenig, und mit Harz, Alkohol, Aether und ölbildendem Gase gar keins. Die Quantität des Ammoniaks nahm mit der Quantität des zum Versuche angewandten Kalihydrats bemerklich zu. Er beobachtete ferner, dass vollkommen reines Kalihydrat, so weit eingedampft, dass es kein Wasser mehr abgiebt, beim Erhitzen für sich kein Ammoniak liefert, dass es aber diese Fähigkeit erlangt, wenn man es einige Zeit der Luft aussetzt. Das Nämliche beobachtete er mit Aetzkalk und Kalihydrat, sowie mit frisch bereiteter Kalilösung, die 24 Stunden stehen gelassen wurde. — Faraday erhielt ferner Ammoniak, als er einen sorgfältig gereinigten Zinkstreifen mit Kalihydrat, das aus Kalium dargestellt war, in einer auf das Sorgfältigste bereiteten Atmosphäre von Wasserstoffgas erhitzte; er konnte aber kein Ammoniak beobachten, wenn er zum Erhitzen mit Zink Kalihydrat anwandte, welches vorher so lange geschmolzen war, dass es kein Wasser mehr abgab. Faraday giebt ferner an, dass das Ammoniak meistens schon wahrnehmbar war, bevor die Zersetzung der dem Versuche unterworfenen Materie unter Entwickelung von Wasserstoff eintrat. — Weinsaures Bleioxyd mit Kali geglüht und der erkaltete Rückstand mit einem Tropfen Wasser in Berührung gebracht, lieferte Ammoniak. Weisser Thon von Cornwall, der nach dem Rothglühen 8 Tage der Luft ausgesetzt wurde, lieferte alsdann viel Ammoniak, während eine andre, ganz gleiche Portion dieses Thons, die nach dem Glühen in einer gut verschlossenen Flasche aufbewahrt wurde, kein Ammoniak gab. Reiner, in einem Tiegel zum Rothglühen erhitzter und auf einer Kupferplatte erkalteter Meeressand gab keine Spur Ammoniak, während dies sehr deutlich zu bemerken war, wenn man den nämlichen Sand vor dem Erhitzen einige Augenblicke in der Hand gehalten und mit dem Finger umgerührt hatte. Eine Portion Asbest rothglühend gemacht und mit einer metallenen Zange in eine Röhre gebracht, gab beim Erhitzen kein Ammoniak; hingegen eine andre Portion, die nur mit dem Finger zusammengedrückt war, lieferte sogleich Ammoniak, als man sie in einer Röhre erhitzte.

[21]) *Ueber das Verfahren von* Varrentrapp *und* Will, *den Stickstoff in den organischen Verbindungen zu bestimmen, und über einige Umstände der Ammoniakbildung, von* Reiset (Compt. rend. t. XV. p. 154), J. f. pr. Ch. XXVII. S. 34—42. Reiset hat in dieser Abhandlung einige Versuche mitgetheilt, welche die Ungenauigkeit der

Digitized by Google

Will[22]) bestätigt worden; der erstere Chemiker hat jedoch aus seinen und Faraday's Versuchen den Schluss ziehen zu müssen geglaubt, dass ein alkalisches Gemenge einer stickstofffreien Substanz die Fähigkeit besitze, den Stickstoff so stark zu condensiren, dass er selbst durch einen 6 Stunden lang fortgesetzten Strom von Wasserstoffgas nicht völlig ausgetrieben werden könne; und dieser Condensations-

---

von Will und Varrentrapp angegebenen Methode zur quantitativen Bestimmung des Stickstoffs organischer Substanzen darthun sollen. Er fand nämlich, dass man bei dieser Methode auch mit stickstofffreien Substanzen Ammoniak erhalte, und dass z. B. beim Zucker bei Anwendung von 0,250 Gr. bis 1 Gr. die erhaltene Stickstoffmenge ziemlich proportional der angewandten Menge der Substanz sei (nämlich gef. 1,52 bis 1,27 p. C. Stickstoff), dass aber über 1 Gr. die Stickstoffmenge in dieser Art nicht mehr steigt (bei 1,500 u. 2,000 Gr. Substanz gefunden 1,00 u. 0,75 p. C. Stickstoff). Dasselbe war bei der Verbrennung von Stearin der Fall. Wie nun stickstofffreie Substanzen, nach der Methode von Will und Varrentrapp verbrannt, eine Ammoniakbildung veranlassen, so müssen auch, ebenfalls nach den Versuchen und Schlussfolgerungen Reiset's, stickstoffhaltige schwer verbrennliche Substanzen einen Ueberschuss von Ammoniak geben, indem sie auf Kosten des Stickstoffs der Luft durch die Einwirkung des Natrons zuerst Cyan und sodann Ammoniak erzeugen. Reiset fand ferner, dass, wenn man die Verbrennung der Substanzen erleichtert, sich die Ammoniakbildung vermindert, dass die Reaction also eine Folge der Einwirkung des Wasserstoffes im *Status nascens* und des in den Poren des Gemenges condensirten Stickstoffes ist. „Ich habe gefunden, dass reine Eisenfeile in concentrirter Kalilauge schon bei 130° reichlich Wasserstoffgas entwickelt und zugleich einen sehr deutlichen Ammoniakgeruch, wenn man ungefähr 20 Gr. Kali anwendet. Diese Ammoniakentwickelung hört aber gänzlich auf, wenn man den Versuch in einer Atmosphäre von reinem Wasserstoffgas anstellt, das man durch Schwefelsäure, die von Stickoxyd frei ist, bereitet hat; sonst findet Ammoniakbildung Statt. — Das Stickoxyd und der Wasserstoff geben zu interessanten Ammoniakbildungen Anlass. Zusammen durch eine rothglühende Röhre geleitet, vereinigen sich beide Gase nicht. Substanzen, welche geeignet sind, Gasarten zu condensiren, bewirken sofort die Bildung des Ammoniaks, z. B. liefert fein gepulverter Bimstein das Gas in grosser Menge. Bereitet man die Gasarten in einer Röhre, in der sich einige Gr. Eisenoxyd befinden, welches durch eine Spirituslampe schwach erwärmt wird, so erglüht dies sogleich heftig und Ammoniak entweicht in Menge. Aus einem Apparate, welcher aus 2 Flaschen von 1 Liter Inhalt für die Entwicklung eines jeden Gases bestand, und bei 10 Gr. Eisenoxyd konnte so viel Ammoniak erhalten werden, dass in weniger als einer Stunde 25 Gr. rauchende Salzsäure gesättigt wurden. Die Oxyde des Zinks, Zinns und Kupfers zeigen diese Erscheinung gleichfalls, doch in geringerem Maasse. Offenbar sind es die abwechselnden Reductionen und Oxydationen des Metalles im Gasstrome, welche die Verbindung des Wasserstoffes mit dem Stickstoffe einleiten."

[22]) *Ueber* Reiset's *Bemerkungen zu der neuen Methode der Bestimmung des Stickstoffes in organischen Verbindungen, sowie über den Antheil des Stickstoffes der Atmosphäre an vorgeblichen Ammoniakbildungen*, von H. Will; Ann. d. Chemie u. Pharm. Jan. 1843 und J. f. pr. Ch. XXVIII. 300—314. — Will hat die Versuche Reiset's hinsichtlich der Verbrennung des Zuckers wiederholt, aber von ihm sehr abweichende Resultate erhalten; er fand allerdings auch eine Ammoniakbildung, aber eine bei weitem geringere; 1,214 käuflicher Candiszucker gaben 0,00086 oder 0,07 p. C. Stickstoff; ferner 0,386 reine Talgsäure gaben 0,00028 Stickstoff; 0,430 Erbsenstärke 0,00071 Stickstoff; von der

Digitized by Google

zustand muss, seiner Meinung nach, dem *Status nascens* sehr nahe stehen und den Stickstoff sehr geeignet machen, Verbindungen einzugehen, und also die Bildung von Ammoniak zu veranlassen. Will jedoch hat durch neue sorgfältige Versuche, die von Fownes[23]) bestätigt wurden, wahrscheinlich gemacht, dass der Stickstoff der Atmosphäre keineswegs die Fähigkeit besitzt, mit dem Wasserstoffe im Momente der Ausscheidung des letzteren aus einer Verbindung sich zu Ammoniak zu vereinigen. Wenn dies der Fall wäre, so müssten in den Versuchen mit Zinn, Eisen und Zucker, in welchen

---

letztern wurde 1 Gr. der trocknen Destillation unterworfen; in den Destillationsproducten fand sich eine kleine Menge Ammoniak, welche 0,004 metallisches Platin lieferte. Das bei der Verbrennung mit Natronkalk erhaltene Ammoniak war also wenigstens theilweise in der Stärke enthalten und kein Product der Operation. 1,000 Talgsäure lieferte, durch Natronkalk zersetzt, welches kurz vor dem Einbringen in die Röhre geglüht worden war, keine sichtbare Spur von Platinsalmiak; 2,000 Gr. gepulvertes metallisches Zinn eine äusserst geringe Spur. 4,000 Gr. vollkommen reiner umkrystallisirter Zucker gaben, in einer Röhre mit Natronkalk unter Hinüberleiten von Luft verbrannt, keine Spur von Platinsalmiak; 20 Gr. gepulvertes metallisches Zinn, auf gleiche Weise mit Natronkalk oxydirt, eine unwägbare Menge eines gelblichen Pulvers; 4,300 Gr. umkrystallisirter Zucker, in schmelzendem Natronhydrat destillirt, eine äusserst geringe Spur von Platinsalmiak. Der nämliche Versuch mit Zinn, Zink, reinem metallischem Eisen wiederholt, lieferte immer Platinsalmiak, *jedoch so unbedeutende* Spuren, dass in den meisten Fällen die Wägung *unterlassen werden* musste. „Diese Versuche zeigen schon zur Evidenz, dass das Stickgas der Atmosphäre sich mit Wasserstoff im *Statu nascenti* keineswegs zu Ammoniak verbinden kann. Die in den meisten Fällen erhaltene äusserst geringe Quantität von Ammoniak musste demnach eine andre Quelle haben, die aber, wie es schien, äusserst schwierig auszuschliessen ist. Es gelang mir indessen doch auf folgende Weise. Ich schmolz Natronhydrat im Silbertiegel, bis es ruhig floss, und mischte alsdann eine geringe Menge reines Eisen (aus Oxyd mittelst Wasserstoff reducirt) hinzu. Dieses oxydirte sich darin leicht unter Wasserstoffentwicklung. Es wurde in eine vollkommen reine, vorher erhitzte Silberschale ausgegossen, nach dem Erkalten in letzterer in Stücken zerschlagen, in eine vorher geglühte, schwach gebogene, $\frac{1}{2}$ Zoll weite Röhre gebracht und sogleich 4—5 Gr. reines, mittelst Wasserstoff reducirtes Eisen hineingeschüttet. Die Röhre wurde nun durch untergelegte Kohlen erwärmt und Stickgas oder Luft hinübergeleitet. Die anfangs durchströmende Luft zeigte meistens einen äusserst geringen Ammoniakgehalt gegen feuchtes Dahlienpapier oder einen mit verdünnter Salzsäure befeuchteten Stab. Diese Ammoniakentwicklung war aber nur kurze Zeit bemerkbar und hörte immer auf, bevor die Oxydation des Eisens unter Wasserstoffentwicklung anfing. Wenn diese eintrat, legte ich den Absorptionsapparat vor und hielt das Alkali im Schmelzen, bis alles Metall oxydirt war. Ich bekam alsdann bei genauer Beachtung dieser Vorsichtsmassregeln niemals Platinsalmiak. Das nämliche Resultat wurde mit vollkommen reinem krystallisirtem Zinn erhalten. Die von Reiset erhaltenen so bedeutenden Quantitäten von Ammoniak lassen sich nur dadurch erklären, dass seine Mischung von Natron und Kalk ein salpetersaures Salz, wahrscheinlich Salpeter, enthielt, der, wie dies schon Faraday angiebt, sehr leicht Ammoniak entwickelt, wenn man die geringste Spur davon mit Zink und einem Alkalihydrat zusammenschmilzt."

[23]) Fownes; s. J. f. pr. Ch. XXVIII. 307—308 und Ann. der Chem. und Pharm. a. a. O.

Digitized by Google

durch das successive Erhitzen der Materie mit dem Alkalihydrat unter fortwährendem Hinüberleiten von Luft oder Stickgas die Bedingungen zur Ammoniakbildung in jedem Zeitmomente der Verbrennung so günstig als möglich dargeboten waren, eine quantitativ bestimmbare und mit der Dauer des Versuches oder der Quantität der Materie im Verhältniss stehende Ammoniakmenge erhalten werden. Dies ist nicht der Fall, und bei äusserster Sorgfalt ist man sogar im Stande, jede Spur von Ammoniak zu vermeiden, obwohl Wasserstoff im *Statu nascenti* mit Stickstoff zusammentrifft.

Die Gegenwart nun des Ammoniaks in sehr vielen organischen Substanzen erklärt sich nach Liebig[24]) aus dem Ammoniakgehalt der Atmosphäre und aus dem Umstande, dass es keine Materie giebt, welche leichter von Flüssigkeiten oder porösen Materien absorbirt wird, namentlich wenn diese letztern zugleich auch die Eigenschaften einer Säure besitzen. Hiernach erklärt sich ferner ohne Schwierigkeit, warum Faraday mit dem frisch geschmolzenen ersten Hydrate des Kali's und mit Zink oder Harz, welches kein poröser Körper ist, kein Ammoniak beobachten konnte, während doch die Harze beim Schmelzen mit Alkalihydrat ebenso, wie andre organische Materien, unter Wasserstoffentwicklung zersetzt werden. In manchen Fällen, wo Faraday Ammoniak beobachtete, kann auch ein geringer Stickstoffgehalt der angewandten organischen Materien die theilweise oder alleinige Ursache der Ammoniakentwicklung gewesen sein; das käufliche Zinn, wie das Gusseisen enthalten oftmals etwas Stickstoff in chemischer Verbindung[25]).

Liebig hält die Atmosphäre für die einzige ursprüngliche und anhaltende Quelle des Ammoniaks, aus welcher die Pflanzen ihren Stickstoff assimiliren, indem das Ammoniak dem Boden durch den Regen zugeführt wird, immer neue Quantitäten durch die fortdauernde Fäulniss und Verwesung thierischer und vegetabilischer Stoffe sich entwickeln und in der Atmosphäre vertheilen und anhäufen, um wiederum durch den Regen aus derselben zu verschwinden. Dies erklärt, nach Liebig, vollständig den Ammoniakgehalt der Ackerkrume, in denen Pflanzen- und Thierstoffe gänzlich fehlen, sowie die Salpeterbildungen in Erdmischungen, welche verwesende Pflanzenstoffe enthalten[26]).

---

[24]) Liebig: *Agriculturchemie*, S. 55 u. 290.

[25]) Will a. a. O., J. f. pr. Ch. S. 312. Für den Stickstoffgehalt des käuflichen Zinns spricht z. B. der Umstand, dass der flockige schwarze Rückstand, den man bei der Auflösung des Metalles in Schwefelsäure immer erhält, nach sorgfältigem Auswaschen ziemlich bedeutende Quantitäten von Ammoniak entwickelt, wenn er mit reinem Natronhydrat zusammen erhitzt wird. Das Gusseisen enthält nach Schafhäutl ebenfalls Stickstoff.

[26]) Liebig a. a. O. S. 290. „Alle Beobachtungen vereinigen sich demnach in unsrer gegenwärtigen Zeit zu dem Schlusse, dass der Stickstoff der Luft nicht die Fähigkeit besitzt, in Ammoniak verwandelt zu werden, dass wir demnach, welche Gründe wir auch für die Wahrscheinlichkeit dieses Ueberganges haben mögen, keineswegs berechtigt sind, die Meinung, dass ein Theil des Stickstoffs der Pflanzen aus dieser

Digitized by Google

Andere Chemiker, unter denen wir namentlich Saussure[27]),

Quelle stammt, zu einem Principe zu erheben, eine Hypothese, der Alles widerspricht, was an positiven Thatsachen bis jetzt zu unsrer Kenntniss gelangt ist. Alle Versuche, welche zu beweisen scheinen, dass Stickstoff aus der Luft in dem Organismus gewisser Pflanzen fixirt werde, dass namentlich Erbsen und Bohnen, welche in einem an animalischen Materien völlig freien Boden vegetirten, das Vermögen besitzen müssten, sich Stickstoff aus der Atmosphäre anzueignen, können jetzt, wo man weiss, dass die Luft als constanten Bestandtheil Ammoniak enthält, nicht die geringste Geltung mehr haben. Wenn man zuletzt erwägt, dass alle diese Versuche in Umgebungen angestellt sind, wo die Atmosphäre weit reicher war an Ammoniak, als in dem freien Felde, dass diese Pflanzen mit destillirtem Wasser begossen wurden, was aus Brunnenwasser gewonnen, eine weit grössere Menge kohlensaures Ammoniak enthält, als das Regenwasser, so liegt kein Grund vor, die Vergrösserung des Stickstoffgehaltes in den Samen, Blättern und Stengeln einer andern Quelle zuzuschreiben, die man nur geschaffen und erfunden hat, weil der Ammoniakgehalt des Wassers und der Luft damals nicht beachtet war und jeder Anhaltpunkt zu einer richtigen Erklärung gefehlt hätte." —

Will a. a. O. S. 314 schliesst seine Abhandlung mit den Worten: „Der auf der Oberfläche der Erde vor sich gehende Verwesungsprocess von stickstofffreien oder an Stickstoff sehr armen organischen Materien ist schon seit dem Bestehen dieser letztern im lebenden Zustande im Gange; er ist so allgemein und überall wahrzunehmen, dass unsre Atmosphäre, da für den Stickstoff (als Element) kein Kreislauf wie für den Sauerstoff besteht, mit Ammoniak verpestet und ihr Gehalt an Stickstoff gewiss verringert wäre, wenn dieses indifferenteste aller gasförmigen Elemente die Fähigkeit besässe, als solches zur Ammoniakbildung beizutragen."

[27]) Th. de Saussure: *Ueber die Veränderungen, welche die Luft durch das Keimen und durch die Gährung erleidet* (Bibl. univers. Juin 1834. p. 113), J. f. pr. Ch. III. 123—150. „Ich habe gezeigt, dass mehrere Pflanzensubstanzen, bei ihrer freiwilligen Zersetzung an der Luft, Stickstoffgas absorbiren. Man kann diese Absorption schon vermöge indirecter Betrachtungen voraussehen, so z. B. dadurch, dass Pflanzen sich auf einem Boden beständig erhalten, welcher als Dünger nur die theilweisen Ueberreste ihrer eigenen Vegetation empfängt. Da diese Pflanzen während ihrer Lebenszeit keinen Stickstoff zu absorbiren scheinen, und durch die Winde, den Regen, die Ernten, das öftere Aushauchen dieses Gases Verluste erleiden, so darf man glauben, dass der Stickstoff aus der Luft, bei der Zersetzung der Ueberbleibsel der Pflanzen, verzehrt werde, welche, indem sie sich in Humus verwandeln, selbst ein stickstoffreicheres Nahrungsmittel geben, das durch die Wurzeln wieder aufgenommen wird. — Man würde zu weit gehen, wollte man meine erhaltenen Resultate auf die Gährung aller Pflanzensubstanzen anwenden; es ist aber nicht zu bezweifeln, dass sie im Allgemeinen auf die todten stickstoffhaltigen Pflanzen, welche, beim Gähren unter Wasser, Wasserstoff entwickeln, anwendbar sind. Die Resultate, welche ich über das Gähren der in Stickstoff-, Sauerstoff-, Kohlensäure- und Wasserstoff-Atmosphären befindlichen Erbsen auseinandergesetzt habe, zeigen, dass dieselben stickstoffhaltigen organischen Substanzen, je nach den Umständen, Stickstoffgas absorbiren und entwickeln können. Diese Substanzen vermögen dieses Gas zu absorbiren, wenn sie mit ihm so in Verbindung stehen, dass die Berührung erneuert wird, oder wenn sie, bei langsamem Gähren, von atmosphärischer Luft umgeben sind; sie verdichten noch den Stickstoff, wenn dieser mit einer grossen Quantität Wasserstoffgas gemengt ist, die Intensität der Gährung mag übrigens sein, wie sie wolle. Eine starke, dem Stickgase beigemengte Quantität Sauerstoff widersetzt sich der Stickstoffabsorption. Der Umstand, welcher

Digitized by Google

Boussingault[28]) und Mulder hervorheben, halten jedoch,

hauptsächlich die Entwicklung des Stickstoffgases bewirkt, ist die Berührung mit einer, aus Stickstoff und Kohlensäure bestehenden Atmosphäre, bei stickstoffhaltigen Substanzen, die eine rasche Gährung erleiden. Diejenigen, mit denen ich Versuche anstellte, entwickelten keinen Stickstoff in reiner Kohlensäure. — Die Entwicklung und Absorption des Stickstoffs lassen sich durch die Annahme erklären, dass die Gährung dieses Gas aus seiner organischen Verbindung trenne, dass aber nach dieser Trennung das Gas in den Poren der Substanz, zu deren Elementen es gehörte, condensirt werde. Es entwickelt sich durch rasches Gähren in einer Atmosphäre, welche sich mit dem verdichteten Stickstoff nicht verbinden kann und dazu geneigt ist, ihn auszutreiben. Diese Bedingungen finden nicht Statt bei einer Atmosphäre von reiner Kohlensäure, welche, wenn sie nicht zu sehr die Gährung verlangsamte, den Stickstoff austreiben würde; sie finden aber Statt bei einem Gemenge von Kohlensäure und Stickstoff. Letzterer verringert das fäulnisswidrige Vermögen der Säure, und diese beiden Gase können sich nicht mit dem condensirten Stickstoff verbinden. Die Erbsen, wenn sie rasch gähren, können in einer blos aus Stickstoff bestehenden Atmosphäre Stickstoff entwickeln; diese Entwicklung ist aber nicht so stark, als in einem schon vorher bereiteten Gemenge von Stickstoff und Kohlensäure; das letztere Gas wird übrigens in hinreichender Menge gebildet, um das Austreiben des ersten Gases zum Theil bewirken zu können. Die Atmosphären, welche sich der Entwicklung von Stickstoff widersetzen, sind solche, die Sauerstoffgas in grosser Menge oder auch Wasserstoffgas enthalten, dessen Verbindungen mit dem Stickstoff bekannt sind. In einer Wasserstoffatmosphäre entwickeln die gährenden Erbsen kein Stickstoffgas; sie entwickeln aber durch rasches Gähren in der Stickstoffatmosphäre Wasserstoffgas. Diese beiden Resultate würden einander widersprechen, wenn man nicht Folgendes dabei in Betracht zöge: 1) dass unter dieser Art von Verbindungen der Wasserstoff ein häufiger vorkommendes Princip ist als der Stickstoff; 2) dass ein kleines Volumen vom letzteren ein grosses Volumen Wasserstoffgas austreibt, wenn sie sich nicht mit einander verbinden.

Die Stickstoffabsorption, welche bei einer langsamen Gährung bewirkt wird, sowohl in reinem Stickgase, als in einem Gemenge von diesem Gase mit einer kleinen Menge Sauerstoff, lässt sich durch die Annahme erklären, dass durch diese Gährung der elementare, in einem verdichteten Zustande befindliche Wasserstoff von der gährungsfähigen Substanz getrennt ward, und dass der atmosphärische Stickstoff sich entweder mit diesem Wasserstoff, oder mit dem, welcher sich durch Zersetzung des Wassers bildet, verbinde. Ein starker Gehalt an Sauerstoffgas widersetzt sich der Stickstoffabsorption, indem der Sauerstoff sich zum Theil mit dem Wasserstoff verbindet, welcher aus diesen beiden Quellen herrührt. Diese Verbindung verhindert keineswegs die des Sauerstoffgases mit dem im gährenden Körper präexistirenden Stickstoffgase, noch die des Sauerstoffes mit dem Kohlenstoffe; dagegen verhindert sie die Absorption des atmosphärischen Stickstoffes, welchem der Wasserstoff, mit dem er sich hätte verbinden können, entzogen wurde. Der Beweis, dass diese Verbindungen hier wirklich existiren, stützt sich ohne Zweifel auf keine Thatsache; man sieht aber, dass die Absorption und Entwicklung des Stickstoffes durch dieselbe gährende Substanz sich durch Annahmen erklären lassen, welche keineswegs unvereinbar sind, wenn man auf die bei diesen Operationen Statt habenden Umstände Rücksicht nimmt. Was immer die letzte Ursache der erhaltenen Resultate sein möge, so wird man finden, dass sie uns nützliche Thatsachen für die Bereitung des Pflanzendüngers geben, sowie für die Erklärung der Bildung der Nitrate in den Salpeterplantagen und der so mannigfaltigen Producte des Athmungsprocesses."

[28]) Boussingault, s. das Capitel: Keimen der Pflanzen.

Digitized by Google

wenn sie auch zugeben, dass geringe Mengen Ammoniak in der Atmosphäre zugegen sein mögen und durch das Regenwasser dem Boden zugeführt werden, dieses Ammoniak nicht für hinlänglich, um allein eine üppige Vegetation zu bewirken. Saussure nämlich hatte zahlreiche Versuche über das Gähren von Erbsen angestellt und hierbei die Absorption einer geringen Menge von Stickstoff wahrgenommen, wie dieses ebenfalls bei dem Keimen der Samen beobachtet worden war, während unter gewissen Verhältnissen auch eine Entwickelung des Stickstoffs beim Gähren vorkommt. Mulder besonders hat in neuerer Zeit Versuche und Betrachtungen angestellt über die Ammoniakbildung, und glaubt aus denselben, entgegengesetzt den Ansichten Liebig's, schliessen zu dürfen, dass allerdings das Stickstoffgas und also die atmosphärische Luft, wo es in einem geschlossenen Raume mit faulenden und also Wasserstoff entbindenden stickstofffreien Substanzen in Berührung kommt, mit dem Wasserstoff Ammoniak zu erzeugen im Stande ist. Dies ist fast immer in der Ackererde der Fall, und nach Mulder [29]) würde die Erzeugung von Ammoniak oder von Salpeter durch die atmosphärische Luft bewirkt werden, auch wenn keine faulende organische Körper zugegen sind, welches namentlich die Salpetergrotten auf Ceylon beweisen sollen, in welchen keine organische Stoffe vorhanden sind, die den Stickstoff liefern könnten. Der Stickstoff rührt hier von der in den Höhlen eingeschlossenen Luft her und es wird dabei unter günstigen Verhältnissen selbst Wasser zersetzt, Ammoniak gebildet und letzteres an den Stellen, wo der Sauerstoff der Luft freier zutreten kann, zu Salpetersäure oxydirt, welche sich mit den Basen aus den Wänden der Grotten zu salpetersauren Salzen vereinigt. In der porösen Ackererde, worin feuchte Luft eingeschlossen ist, vereinigt sich der Stickstoff nur mit dem Wasserstoff der organischen Körper, weil der Sauerstoff des Wassers und der Luft verbraucht wird, um jene höher zu oxydiren und allmählig in Ulminsäure, Huminsäure, Geïnsäure, Quellsatzsäure und Quellsäure zu verändern. Alle porösen Körper, sagt Mulder, bilden Ammoniak, sobald Feuchtigkeit und Luft Zutritt haben und sie einer gewissen Temperatur ausgesetzt sind. Bringt man z. B. in eine mit atmosphärischer Luft gefüllte Flasche

---

[29]) Mulder, *physiolog. Chemie*, S. 156 und ff., und vergleiche oben bei der Bildung der Ackererde und des Humus, S. 102 Anmerk. 14 gegen Ende. — Es heisst ferner am erstern Orte: „Jene Ammoniakbildung von dem Stickstoff der Luft ist von Vielen geläugnet, hauptsächlich darum, weil der Stickstoff in höheren Temperaturen keine Verbindungen mit dem Wasserstoff eingeht. So richtig auch das Resultat jener Versuche ist, ebenso unzweifelhaft bleibt es, dass sich der Stickstoff bei gewöhnlicher Temperatur unter mancherlei Umständen mit dem Wasserstoff vereinigt. — Diese Ammoniakbildung aus den Bestandtheilen der Luft und des Wassers ist eins der wichtigsten Momente für das Wachsthum und Gedeihen der Pflanzen; sie ist Ursache, dass die in Wasser unlöslichen organischen Bestandtheile des Bodens in einen löslichen Zustand übergehen u. s. w.“ —

Digitized by Google

rothes Lakmuspapier und auf den Boden reine Eisenfeile, mit ein wenig Wasser befeuchtet, so färbt es sich alsbald blau; während sich das Eisen mit dem Sauerstoff des Wassers vereinigt, verbindet sich der Wasserstoff mit dem Stickstoff der Luft [30]). Dasselbe

---

[30]) *Ueber die Condensation des Stickstoffs aus der Atmosphäre in der Ackererde*, von Mulder (Scheik. Onderz. II Deel. S. 163 — 193), J. f. pr. Ch. XXXII. 344—351. „Es ist bewiesen worden, dass der Stickstoff zuerst mit Wasserstoff verbunden sein muss, wenn man eine Verbindung desselben mit Sauerstoff zu Stande bringen will; Kuhlmann (Annalen der Pharmacie XXIX. S. 272) hat dies schon 1838 angedeutet, und Liebig *(Agriculturchemie)* ist näher auf diesen Gegenstand eingegangen. Aber auch die Ammoniakbildung rückwärts aus der Salpetersäure ist leicht nachzuweisen, wie man bei der Auflösung von Eisen oder Zink in verdünnter Salpetersäure leicht bemerken kann, wobei sich nicht wenig salpetersaures Ammoniak bildet, indem Wasser und Salpetersäure zersetzt werden. Eine ähnliche rückwärts gehende Verbindung des Stickstoffes zu Ammoniak erhält man, wenn Salpetersäure auf organische Stoffe, wie Zucker, Humussäure, Harz, Phloridzin und auf Kohle einwirkt; unter allen diesen Umständen wird oft quellsaures und immer quellsatzsaures Ammoniak gebildet.

Auch der freie Stickstoff der Atmosphäre wird unter vielen Umständen zu Ammoniak condensirt. Frische Eisenfeile, mit wenig Wasser befeuchtet, entwickelt bald deutliche Spuren von Ammoniak. Der Wasserstoff verbindet sich also im *Statu nascenti* mit dem Stickstoff der Atmosphäre zu Ammoniak. Frisch ausgeglühtes Pulver von Holzkohle, mit reinem Wasser in einer gut verschlossenen Flasche mehrere Monate sich selbst überlassen, gab bei der Destillation mit Kali eine bemerkbare Menge von Ammoniak; dasselbe war der Fall, wenn statt der Holzkohle Humussäure aus Zucker angewendet wurde, oder ausgeglühte Kohle mit Kartoffelstärke, oder mit arabischem Gummi, oder reinem Rohrzucker, oder Milchzucker gemengt; die Menge des aus dem letztern entwickelten Ammoniaks war ansehnlich, und es hatten sich Schimmelpflanzen gebildet.

Die ersten Versuche zeigen auf das Deutlichste, dass der Stickstoff der Atmosphäre in einem völlig abgeschlossenen Raume eine poröse organische und stickstofffreie Substanz zu zersetzen und Ammoniak zu bilden im Stande ist. Da nun die Umstände, worin die Ackererde sich befindet, völlig dieselben sind wie die, denen bei unsern Versuchen die Kohle (und Humussäure) ausgesetzt war, so findet wirklich in der Ackererde eine unaufhörliche Ammoniakbildung aus dem Stickstoff der Atmosphäre Statt und es erklärt sich daraus, auch bei der Abwesenheit von allem von aussen zugeführten Ammoniak, der Stickstoffgehalt der Ackererde, und ebenso der Ursprung des Stickstoffes in Pflanzen, welche auf unbedüngtem Boden wachsen.

Die Form der Schimmelpflanzen aus Milchzucker — aus Rohrzucker bilden sich nicht viele — schliesst sich an die von *Mycoderma vini* an; diese Pflanzen sollen andern wieder Platz machen, und wird der Versuch lange genug fortgesetzt, so soll eine Generation auf die andere folgen. Diese einfache Beobachtung lässt uns einen Blick werfen auf das mögliche Entstehen des Pflanzenreiches in den verschiedenen Perioden, welche die Erdrinde durchlaufen hat, einen Blick werfen auf die mögliche Entwicklung von verschiedenen Formen, abhängig von den verschiedenen Umständen, unter welchen sie sich bilden.

Die Organisation bei Pflanzen der einfachsten Art besteht in der Bildung von Cellulose $C^{24} H^{42} O^{21}$ auf der einen Seite und von Protein $C^{40} H^{62} N^{10} O^{12}$ auf der andern Seite. Diese beiden Stoffe sind für die Bildung der einfachsten Zelipflanzen unentbehrlich. Mit Essigsäure

Digitized by Google

Resultat erhielt Mulder, wenn er Holzkohle, Humussäure, Mischungen von Kohle mit Zucker, Gummi u. s. w. anwandte. Ebenso sind die Schimmelpflanzen z. B. aus Milchzucker stickstoffhaltig, sie enthalten Proteïn, das sich auf Kosten des Stickstoffs der Luft gebildet haben soll. Diese und ähnliche Versuche Mulder's

---

ausgezogen, liefern die Pflanzen des Milchzuckers eine Flüssigkeit, in welcher man mittelst Cyaneisenkalium deutlich Proteïn nachweisen kann. Gase wurden bei der Bildung der Pflanzen nicht entwickelt und die Auflösung des Milchzuckers war völlig klar geblieben. Die Cellulose entsteht also aus dem Milchzucker nothwendig auf folgende Weise:

Milchzucker	$C^{24} H^{48} O^{24}$
Cellulose . .	$C^{24} H^{42} O^{21}$
	$H^6 O^3$.

Die Entstehung des mit der Cellulose verbundenen Proteïns lässt sich nicht mit Klarheit nachweisen; vielleicht auf folgende Weise:

	C	H	N	O
$\frac{10}{6}$ Aeq. Milchzucker	40	80		40
$\frac{5}{6}$ Aeq. Stickstoff . .			10	
	40	80	10	40
1 Aeq. Proteïn . . .	40	62	10	12
		18		28
9 Aeq. Wasser . . .		18		9
Sauerstoff				19.

Dieser frei gewordene Sauerstoff wirkt natürlich auf den Milchzucker ein und oxydirt denselben; die Auflösung des Milchzuckers, worin die Pflanzen sich befinden, reagirt auch wirklich sauer und enthält Essigsäure; aber da diese eine dem Milchzucker entsprechende Anzahl von Atomen besitzt ($6 \times C^4 H^8 O^4$, oder wasserhaltiger Essigsäure, ist gleich Milchzucker $C^{24} H^{48} O^{24}$), so erklärt dies keineswegs, wozu der Sauerstoff verwandt wird.

Diese Versuche lassen sich auf die einfachste Art sehr vervielfältigen. Alle Pflanzensäuren und viele sogenannte indifferente Stoffe liefern Schimmelpflanzen in grösserer oder geringerer Menge. Das *Ligneux amylacé* von De Saussure, welches aus Stärke in verschlossenen Gefässen sich bildet, ist Cellulose, mit wenig Proteïn verbunden, eine Schimmelpflanze.

Aus den Resultaten der angeführten Versuche können wir folgende Schlussfolgerungen machen:

1) Dass aus stickstofffreien Substanzen aus meistens krystallisirbaren Stoffen, die aus C, H und O bestehen, unter dem Einfluss von Wasser und atmosphärischer Luft organisirte Körper entstehen können, Zellenpflanzen, welche bei der trocknen Destillation eine ammoniakhaltige Flüssigkeit geben und den Stickstoff, den sie enthalten, also aus der Atmosphäre entnommen haben.

2) Dass dieser als Gas vorhandene Stickstoff direct zu Pflanzenstoffen verbunden werden kann, wenn es gleich wahrscheinlich ist, dass davon zuerst Ammoniak gebildet werde.

3) Dass die atmosphärische Luft, welche in der Ackererde vorhanden ist, also ohne besondere Zwischenverbindungen mittelst irgend eines andern Körpers, ebenso ihren Stickstoff mit C, H und Ohaltigen Körpern zu Pflanzenzellen verbinden kann, wie dies in den mitgetheilten Versuchen der Fall gewesen ist.

Der Einfluss von andern Körpern auf die Condensation des Stickstoffs zu Ammoniak in dem Boden ist von grosser Bedeutung. Der Wasserstoff im *Statu nascenti*, welcher aus den zersetzten organischen

Digitized by Google

sind nach Liebig nicht überzeugend genug; sie verdienen indessen näher geprüft zu werden, um diese wichtige Frage über die Ammoniakbildung aus dem Stickstoffgehalte der Atmosphäre ihrer Lösung näher zu bringen. Wir werden bei dem Abschnitte von der Ernährung der Pflanzen und der Assimilation des Stickstoffs durch die letztern nochmals Gelegenheit haben, auf diesen Punkt zurückzukommen.

Wenn man nun auch die Atmosphäre als die Hauptquelle des Ammoniaks anerkennen muss, so kann man doch nicht wohl behaupten, dass durchaus alles Ammoniak, das in der Luft oder in der Erde sich vorfindet, durch Fäulniss und Verwesung organischer Substanzen sollte entstanden oder ursprünglich vorhanden sein, da verschiedene chemische Processe bekannt sind, durch welche Ammoniak sich zu bilden im Stande ist, wenn der Stickstoff, auch von

---

Substanzen frei wird, bindet den Stickstoff der Atmosphäre ebenso, wie Eisenfeile und Wasser mit dem Stickstoff der Atmosphäre Ammoniak bilden.

In gläserne Gefässe wurde Pulver von Holzkohle mit $\frac{1}{100}$ Holzasche gethan. In das eine Gefäss wurde Ulminsäure, aus Zucker bereitet, hineingebracht und beide einer ammoniakfreien Atmosphäre ausgesetzt; in das erstere wurden braune, in das andere weisse Bohnen gebracht und mit ammoniakfreiem destillirtem Wasser das Ganze angefeuchtet und feucht gehalten.

Die Entwicklung und das Wachsthum der Pflanzen war in beiden Gefässen ausserordentlich verschieden. Die Pflanzen, welche in der Ulminsäure sich befanden, vegetirten kräftig, die andern blieben sehr zurück. Nach 24 Tagen wurden sie herausgenommen, die Wurzeln mit Wasser gut von der Kohle befreit, darauf getrocknet und gewogen. Die zurückbleibende Kohle und die mit Humussäure vermengte Kohle gaben, mit Kali destillirt, eine beträchtliche Menge Ammoniak in dem Destillat.

Drei weisse Bohnen, bei 100° getrocknet, wogen 1,465; drei braune Bohnen 1,277; drei Pflanzen der braunen Bohnen, welche in Kohle allein und Asche gewachsen waren, wogen, bei 100° getrocknet, 1,772; drei von den weissen Bohnen, in Kohle, Asche und Ulminsäure, 4,167.

Hierdurch ist also das Ernährungsvermögen der Ulminsäure für die Pflanzen bewiesen. Die drei weissen und die drei braunen Bohnen wurden fein gerieben und ebenso die Pflanzen von beiden.

0,488 weisse Bohnen, bei 100° getr.,	gaben	0,023	Asche,
0,633 der Pflanzen aus weissen Bohnen	„	0,053	„
0,403 braune Bohnen	„	0,015	„
0,603 der Pflanzen der letztern . . .	„	0,055	„

Aus der Bestimmung des Stickstoffs der Bohnen, sowie der aus ihnen entstandenen Pflanzen ergaben sich die folgenden Resultate:

Weisse Bohnen.	Stickstoff.	Braune Bohnen.	Stickstoff.
Bohnen 1,465	50 Cb.C.	1,277	27 Cb.C.
Pflanzen 4,167	160 „	1,772	54 „

Drei weisse Bohnen also hatten, indem sie in Kohle und Ulminsäure und Asche zu Pflanzen wurden, mehr als die dreifache Menge Stickstoff aufgenommen. Drei braune Bohnen in Kohle gerade die doppelte Menge. — Auf welche Art die Würzelchen der Pflanzen die Condensation des Stickstoffs in der Kohle bewirken, wage ich nicht zu entscheiden; aber unzweifelhaft ist das Resultat, und also auch der Schluss, dass die Atmosphäre, der indifferente Stickstoff derselben, den Stickstoff für die Pflanzen hergeben kann."

Digitized by Google

Verbindungen, die nicht dem organischen Reiche angehören, im Momente seiner Freiwerdung mit Wasserstoffgas in Berührung tritt. So bringt, nach den Untersuchungen von Kuhlmann [31]), unter dem Einflusse des glühenden Platinschwamms nicht allein das Stickstoffoxyd, sondern auch alle andern Verbindungen des Stickstoffs mit Sauerstoff Ammoniak und Wasser hervor, wenn sie mit Wasserstoff in Berührung sind; bei Anwendung des Kohlenwasserstoffs statt des freien Wasserstoffgases bildet sich ausser Ammoniak noch Blausäure. Das Platin bewirkt hier, was Hitze, Elektricität, Druck, was Auflösungsmittel und alle den chemischen Process gewöhnlich anregenden Kräfte zu thun nicht im Stande sind. Je nachdem ein Ueberschuss von Wasserstoff oder von Sauerstoff vorhanden ist, kann man willkührlich Salpetersäure in Ammoniak, oder Ammoniak in Salpetersäure verwandeln. Das Stickstoffoxyd in Berührung mit Wasserstoff bildet, nach Reiset's Beobachtungen [32]), gleichfalls Ammoniak, wenn man beide Gase über einen schwach erhitzten porösen Körper leitet, der geeignet ist, Gasarten zu condensiren, wie z. B. über gepulverten Bimstein oder über Eisenoxyd, wie auch über die Oxyde des Zinks, Zinns, Kupfers u. s. w. In gleicher Weise ist es bekannt, dass, wenn bei der Zersetzung der Salpetersäure, welche sich bei jeder Entladung der atmosphärischen Elektricität und zwar in früheren Perioden der Entwickelung wohl in grösserer Menge, als jetzt, in der Luft bildet, weil damals die Verhältnisse der Entwickelung von Elektricität günstiger gewesen zu sein scheinen, — der Stickstoff im Momente der Freiwerdung mit Wasserstoff in Berührung kommt, eine deutlich bemerkbare Ammoniakmenge entsteht; so auch bei der Auflösung von Zink in Salpetersäure, unter gleichzeitiger Zersetzung von Salpetersäure und Wasser, ebenso allenthalben, wo die Hydrate von Alkalien mit salpetersauren Salzen und organischen Körpern zusammengeschmolzen werden. Diese Processe, mögen sie auch allerdings nur von sehr geringer Bedeutung für die Vermehrung des Ammoniaks im Grossen betrachtet sein, können dennoch unter den geeigneten Verhältnissen und Bedingungen zuweilen, wie wir sie durch Kunst in unseren Laboratorien hervorzubringen im Stande sind, auch in der Natur erweckt werden, und verdienen deshalb um so mehr sorgfältig studirt zu werden, weil die bisher bekannt gewordenen Processe nur einen Theil jener chemischen Thätigkeit ausdrücken mögen, durch welche man auf künstlichem Wege die Bildung des Ammoniaks veranlassen kann und die vielleicht auch in der Natur eine nicht ganz unwichtige Rolle spielen möchte. Diese unter dem Zusammentreten geeigneter Umstände stattfindende Ammoniakbildung scheint jedoch schon

---

[31]) Kuhlmann: *Ueber die Eigenschaften des fein zertheilten Platins und die Erscheinungen der Aetherbildung* (Compt. rend. 1839. t. IX. p. 496 u. 571), J. f. pr. Ch. XIX. 50 ff.

[32]) Reiset, s. oben S. 107, Anmerkung 21.

Digitized by Google

deshalb von untergeordneter Bedeutung zu sein, weil es schwierig ist sich deutlich zu machen, wie immer neue sich bildende Mengen von Ammoniak bei einer seit Jahrtausenden sich wenig verändernden Entwickelung des vegetabilischen und thierischen Lebens in der Natur verwendet werden sollten, wenn auch ein Theil desselben durch Oxydation in Salpetersäure sich verwandeln und als solche mit Basen verbunden, fixirt und bis zu ihrer abermaligen Zersetzung in ihre einfachen Elemente, mit wenigen Ausnahmen, der Absorption durch Pflanzen entgehen mag [33]).

D. Bildung von Salpetersäure und salpetersauren Salzen in der Ackererde.

Es ist schon in dem Vorhergehenden mehrfach angedeutet worden, dass, wie Cavendish zuerst nachwies, durch die Wirkung des elektrischen Funkens aus den Bestandtheilen der Atmosphäre Salpetersäure sich zu bilden vermag; die so gebildete Salpetersäure muss also durch den Regen dem Ackerboden zugeführt werden und einen mehr oder minder gewöhnlichen Bestandtheil des letztern ausmachen. Liebig fand im Jahre 1826 [34]) bei der Untersuchung verschiedener Regenwasser in denen, welche nach einem sich entladenden Gewitter oder während desselben gefallen waren, grössere oder geringere Spuren von Salpetersäure, während dieselbe in dem gewöhnlichen Regenwasser nicht aufgefunden werden konnte. Ebenso wie Sauerstoff und Stickstoff durch Einwirkung des elektrischen Funkens zu Salpetersäure zusammentreten, so bildet sich nach den Beobachtungen Henry's [35]) auch durch dasselbe Agens aus Ammoniakgas bei Gegenwart von Sauerstoffgas dasselbe Product. Jedoch ist die Menge der auf diese Art gebildeten Salpetersäure nach Liebig [36]) verschwindend klein und kann von keinem erheblichen allgemeinen Einflusse sein auf das Gedeihen der Pflanzen, weil deren Menge, insofern sie aus der

---

[33]) Siehe in dem Abschnitt *Pflanzenernährung* unter *Assimilation des Stickstoffs*.

[34]) Liebig in den Ann. de Ch. et de Ph. XXXV. p. 329–333. 1827.

[35]) Liebig, *Agriculturchemie*, S. 299, u. a. a. O. in den Ann. de Ch. et de Ph.

[36]) Liebig a. a. O. „Unter dem Aequator, wo die Gewitter weit häufiger sind, liesse sich denken, dass der Salpetersäuregehalt des Regenwassers bemerklich grösser ist; allein wenn derselbe nach bekannten Untersuchungen von Quell- und Flusswasser beurtheilt wird, z. B. nach den Analysen des Wassers von Paipa bei Tunga, des Wassers des Rio vinagré und der heissen Mineralquellen der Cordilleren, welche Boussingault in Südamerika angestellt hat, und in denen keine Anzeichen der Gegenwart von salpetersauren Salzen beobachtet worden sind, so finden wir auch in diesen keine Gründe für die Meinung, dass durch die Wirkung des Blitzes in diesen Gegenden eine bemerklich grössere Menge Salpetersäure erzeugt wird, als in der gemässigten Zone."

Digitized by Google

Atmosphäre herstammt, nur höchst gering sein kann, da für die meisten Gegenden der gemässigten Zone im Durchschnitte jährlich nur 8 bis 12 Gewittertage zu rechnen sind. Auch in dem Wasser der Flüsse und der Seen hat man nur sehr selten äusserst geringe Spuren von salpetersauren Salzen nachweisen können; dagegen sind oftmals nicht unbedeutende Mengen in dem Brunnenwasser der Städte gefunden worden, wie dies schon Marggraf[37]) bemerkte und Berzelius[38]) in dem Brunnenwasser von Stockholm, Liebig in zwölf Brunnen der Stadt Giessen[39]), Hünefeld in dem Brunnenwasser der Stadt Greifswalde und der Umgegend[40]), und Vogel[41]) in der Brunnthalerquelle bei München, und Bouchardat[42]) sogar in dem Seinewasser, oberhalb Paris, u. s. w. nachwies. Dieser Gehalt an salpetersauren Salzen steht in Verbindung mit dem oftmals in dem cultivirten Ackerlande nachgewiesenen Gehalte an Salpetersäure[43]), welche sich in der That, ähnlich wie in den Salpeterplantagen, allenthalben bilden muss, wo verwesende und faulende organische Substanzen, wie es in der Ackererde gewöhnlich der Fall ist, mit kräftigen Basen und unter freiem Zutritt des Sauerstoffs, in Berührung treten.

Ueber die Salpeterbildung selbst möchte hier Folgendes in der Kürze zu erwähnen sein. Man war in früherer Zeit fast allgemein der Ansicht, dass der Stickstoff, bei Gegenwart der kohlensauren Salze des Kalks oder der Magnesia oder des Kali's, unter den geeigneten Umständen unmittelbar mit dem Sauerstoff der Luft in Verbindung treten könne; wobei man jedoch darin abwich, dass Einige glaubten, dieser Stickstoff müsste im Momente des Freiwerdens aus animalischen Substanzen dem Sauerstoffe dargeboten werden, indem der Salpeter ohne Einwirkung einer thierischen Substanz sich niemals bilden könnte[44]), während Andere eine Ansicht vertheidigten, nach welcher ohne alle Mitwirkung von animalischen Substanzen unter gewissen Bedingungen in Erdmischungen Salpeter sich erzeugen könne, blos auf Kosten der Bestandtheile

---

[37]) Marggraf *(chymische Schriften, S. 3).*

[38]) Berzelius (Afhandlingar i Fisik, Kemi och Mineralogi, S. 209).

[39]) Liebig a. a. O. S. 295 und Ann. de Ch. et de Ph. XXXV. p. 332.

[40]) Hünefeld: *Ueber das Wasser Neuvorpommerns, insbesondere das der Brunnen Greifswalds und der Umgegend;* J. f. pr. Ch. VIII. 425—435.

[41]) Vogel jun.; J. f. pr. Ch. XXXIII. 398—401.

[42]) Boussingault, *Landwirthschaft*, Bd. II. S. 167.

[43]) S. z. B. Hünefeld: *Ueber einen bisher übersehenen Bestandtheil der Ackererde;* J. f. pr. Ch. IX. 26—28. Gegenwart des salpetersauren Ammoniaks.

[44]) Gay-Lussac: *Instruction sur la fabrication du salpetre, publié par la commission des poudres et salpetre*, 1825; und Liebig, *Agriculturchemie*, S. 293 u. ff.

Digitized by Google

der Luft[45]); da nun nach den Beobachtungen von Kuhlmann[46]) der Salpeterbildung stets die Ammoniakbildung vorausgeht, welche

---

[45]) Im Jahre 1832 stellte unter Andern Dumas die folgende, zum Theil schon früher von Kuhlmann (vergl. Lieb. Ann. der Pharm. XXIX. 273) ausgesprochene Theorie über die Salpetererzeugung vermuthungsweise auf: „Man bemerkt, dass in den meisten Fällen, in welchen sich Salpeter ohne sichtbare Mitwirkung thierischer Materie bildet, viel salpetersaures Kali erzeugt wird. Es war also in den salpeterhaltigen Stoffen verhältnissmässig genug Kali vorhanden; dagegen enthalten gewöhnlich die Salpeterstoffe der kälteren Länder wenig Kali- und mehr Kalk- und Magnesiasalpeter. Es ist mithin das Kali nur in geringer Menge in diesen Stoffen zugegen. Wäre es daher nicht möglich, dass hier das kohlensaure Ammoniak, der beständige Begleiter der Zersetzung thierischer Stoffe, die Rolle des Kali's oder vielmehr des kohlensauren Kali's übernommen hätte? Man würde sich dann leicht die Nothwendigkeit thierischer Substanzen erklären können, wenn Kali mangelt, und würde dann nach dieser Ansicht behaupten dürfen, dass die Erzeugung der Salpetersäure allenthalben durch die Vereinigung der Luftbestandtheile unter dem Einflusse verschiedener, aber stets kräftiger Basen bedingt würde. — Verhielte sich's wirklich so, so würde man in den salpeterhaltigen Stoffen stets auch Ammoniaksalze finden müssen, wenn nicht Aetzkalk in denselben vorhanden war. Bis jetzt aber wurde die Anwesenheit dieser Salze noch nicht angedeutet, und dies ist einer der Hauptgründe derjenigen, welche glauben, dass die thierischen Stoffe selbst in Salpetersäure übergingen. Aus dieser Betrachtung aber geht hervor, dass die Salpeterbildung, je nach Umständen, unter dem Einflusse verschiedener Ursachen steht, und dass unsere bisherige Kenntniss davon verschiedene Hypothesen zulässt, welche vielleicht sämmtlich gleich weit von der Wahrheit entfernt sind." S. dessen *Handbuch der angewandten Chemie*, bearbeitet von Alex und Engelhardt. 2. Bd. 770; und Erdm. ökon. Journ. Bd. XIII. S. 397.

[46]) Kuhlmann: *über die Salpeterbildung;* Ann. der Chem. und Pharm. Bd. XXIX. S. 272—291. „Da der Stickstoff der sich zersetzenden organischen Materie im Entstehungsmoment mit freiwerdendem Wasserstoff in Berührung kommt, so ist alle Ursache zu der Annahme vorhanden, dass sich aller Stickstoff der thierischen Materie in Ammoniak verwandelt; andrerseits, wenn der Stickstoff (als Ammoniak) eine andre Rolle spielen sollte, als die intermediäre, um Salpetersäure zu bilden und sie auf die Kreide überzutragen, müsste man, zur Erklärung der sehr raschen Salpeterbildung in gewissen Localitäten, die Gegenwart von grossen Mengen thierischer Materien annehmen, was nur schwierig immer erfüllt ist; während man nach der Theorie, wo das Ammoniak als Ueberträger dient, sich leicht von der Bildung kleiner Quantitäten Ammoniak, welche nothwendig sind, wird Rechenschaft geben können; es wird in der That eine sehr geringe Menge thierischer Materie hinreichen, um es zu erzeugen, und man wird selbst seine Bildung durch andere chemische Vorgänge, als die der Fäulniss stickstoffhaltiger Substanzen, erklären können. Ich glaube also, dass, wenn die Zersetzung der thierischen Materien oder eine der langsamen Zersetzung des Wassers durch Eisen, bei Gegenwart von Luft, analoge Reaction nothwendig ist, um Ammoniak zu liefern, so wird es leicht, die übrigen Erscheinungen der Salpeterbildung durch die blosse Verbindung der Bestandtheile der Luft, unter Mitwirkung von Feuchtigkeit, porösen Körpern und besonders von Ammoniak, zu erklären. — Es werden also weder die ältere Theorie, noch die Theorie von Longchamp absolut angenommen werden; denn wenn ich einerseits die Bestandtheile der Salpetersäure der Luft entnehme, so gebe ich andrerseits die Nothwen-

Digitized by Google

Behauptung Liebig durch überzeugende Gründe bestätigt hat[47]), so wäre bei der Entwicklung der Theorie einer Salpeterbildung

---

digkeit von dem Vorhandensein thierischer Materien, oder wenigstens von Ammoniak zu, um diese Bestandtheile zu verbinden (salpetersaures Ammoniak) und die Salpetersäure auf die kohlensauren Salze des Kalks und der Magnesia zu übertragen. Da die Rolle, welche das Ammoniak bei der Salpeterbildung spielt, festgestellt ist, so ist die Art und Weise, wie sich der Stickstoff mit dem Sauerstoff der Luft verbindet, leicht zu begreifen; man weiss in der That, dass die Salpeterbildung ohne zureichende Feuchtigkeit nicht vor sich gehen würde, man weiss gleichfalls, dass das Wasser die Eigenschaft hat, eine kleine Menge Luft zu absorbiren, und dass die absorbirte Luft reicher an Sauerstoff ist als die Luft der Atmosphäre. Unter so günstigen Umständen kann man leicht annehmen, dass das Ammoniak sich mit dem im Wasser aufgelösten Sauerstoff und Stickstoff verbindet, um Salpetersäure zu bilden; und da die Gegenwart von Luft und Wasser constant ist, so kann die Bildung der Salpetersäure sich unendlich verlängern, wobei das Wasser als Vehikel dient, um den Stickstoff und den Sauerstoff der Luft auf das Ammoniak überzutragen, und das Ammoniak als Ueberträger der Salpetersäure auf die unlöslichen kohlensauren Salze. Das Wasser und das Ammoniak spielten also in gewisser Art eine analoge Rolle, indem beide als intermediäre Hülfsmittel dienen. Wie anziehend diese Theorie auch erscheinen mag, so werde ich sie noch nicht unbedingt annehmen, und dieser Vorbehalt ist mir durch die Wichtigkeit der Frage empfohlen. Ich erwarte von den Resultaten einiger directen Versuche über die Wirkung der Luft auf verdünnte alkalische Auflösungen, mit und ohne Gegenwart von Kreide, eine Bestätigung von der Wirklichkeit des Vorganges, sowie ich ihn auseinander zu setzen gesucht habe."

[47]) Liebig a. a. O. S. 396 u. ff. Die von Liebig zu Gunsten der im Texte angeführten Ansicht mitgetheilten Thatsachen (grossentheils schon von Kuhlmann beobachtet) und Folgerungen sind etwa folgende: Man weiss, dass der Stickstoff bei höheren Temperaturen nie direct eine Verbindung mit Sauerstoff eingeht; nur durch die Vermittelung eines grossen Uebermaasses von brennendem Wasserstoff geht das Stickgas in ein Oxyd des Stickstoffs über. Die stickstoffhaltigen organischen Substanzen enthalten ohne Ausnahme Kohlen- und Wasserstoff, die beide zum Sauerstoff eine überwiegende Anziehung haben; da der Stickstoff nämlich eine nur schwache Verwandtschaft zum Sauerstoff hat, so ist die Verbrennung stickstoffhaltiger Materien stets von einer Abscheidung von reinem Stickstoff begleitet. Verbrennen wir eine Kohlenstickstoff-, eine Cyanverbindung in reinem Sauerstoffgas, so oxydirt sich der Kohlenstoff allein; leiten wir Cyangas über glühende Metalloxyde, so wird nur in seltenen Fällen ein Oxyd des Stickstoffs gebildet, und niemals in dem Fall, wenn Kohlenstoff im Uebermaass zugegen ist. Nur wenn es mit einem Ueberschuss von Sauerstoffgas gemengt über glühenden Platinschwamm geleitet wird, erzeugte sich in Kuhlmann's Versuchen Salpetersäure. Die Fähigkeit, sich mit Sauerstoff direct zu verbinden, beobachten wir aber an dem reinen Stickgas nicht; selbst unter den günstigsten Bedingungen bei Anwendung von Platinschwamm in graduell verschiedenen Temperaturen war Kuhlmann nicht im Stande, seine Oxydation zu bewerkstelligen. Der Kohlenstoff in dem Cyangas war demnach der Vermittler der Verbrennung des Stickstoffs. — Wir beobachten auf der andern Seite, dass die Verbindung des Stickstoffs mit Wasserstoff, das Ammoniak, einer Einwirkung des Sauerstoffs nicht ausgesetzt werden kann, ohne ein Oxyd des Stickstoffs und in Folge dessen Salpetersäure zu bilden. Dies ist der Grund, warum man bei der Elementar-Analyse stickstoffhaltiger Verbindungen, also bei deren Ver-

Digitized by Google

zunächst die Frage nach dem Ursprung des zur Möglichkeit derselben unentbehrlichen Ammoniaks zu erörtern, eine Frage, die wir bereits im vorigen Capitel betrachtet haben, indem wir die Gründe für und gegen die beiden verschiedenen Ansichten mittheilten, nach welchen das Ammoniak und also auch die Salpetersäure in der Ackererde entweder allein fertig gebildet aus der Atmosphäre aufgenommen und durch die Verwesung stickstoffhaltiger Substanzen gebildet wird, oder zu gleicher Zeit auch dadurch sich erzeuge, dass der aus organischen stickstofffreien Körpern sich entwickelnde Wasserstoff im Entstehungsmomente mit dem Stickstoffe der Luft in Berührung und in Verbindung trete.

Die Ursache, bemerkt Liebig, warum der Stickstoff in der Form von Ammoniak so leicht in Salpetersäure übergeht, liegt unstreitig darin, dass in der Oxydation der Bestandtheile des Ammoniaks zwei Producte gebildet werden, die sich mit einander zu verbinden vermögen; es bildet sich nämlich neben der Salpetersäure Wasser, ein Körper, der die Salpetersäurebildung bedingt und erst möglich macht, insofern die Salpetersäure ohne Wasser nicht zu bestehen vermag. Die stickstoffhaltigen thierischen Materien sind hiernach nicht die Bedinger, sondern nur die Vermittler der Salpetererzeugung, sie wirken, indem sie langsam andauernde Quellen von Ammoniak darstellen, welches sich auf Kosten der Atmosphäre und bei Gegenwart von Alkalien und alkalischen Basen fortwährend zu Salpetersäure oxydirt. Es ist wahrscheinlich, dass andere in Verwesung begriffene organische Substanzen die Verbrennung des Ammoniaks vermitteln, wenigstens sind die Fälle

---

brennung mit Kupferoxyd, so leicht eine Menge Stickoxyd bekommt. Leiten wir Ammoniakgas über glühendes Manganhyperoxyd oder Eisenoxyd, so erhalten wir bei Ueberschuss von Ammoniak eine reichliche Menge von salpetersaurem Ammoniak; dasselbe geschieht, wenn Ammoniak und Sauerstoffgas über glühenden Platinschwamm geleitet werden. Nur in seltenen Fällen vereinigt sich also bei Verbrennungen der Stickstoff in Kohlenstickstoffverbindungen mit dem Sauerstoff; dies geschieht in allen, wo Ammoniak verbrennt; stets wird hierbei Salpetersäure gebildet. Es heisst ferner S. 297: Das Vorkommen ungeheurer Lager von salpetersauren Salzen in Südamerika kann nicht den entferntesten Grund abgeben, ausser der gewöhnlichsten Bildungsweise der Salpetersäure noch eine andre anzunehmen; es ist nicht nöthig, den Stickstoff der Luft zu Hülfe zu nehmen, um ihre grosse Ausdehnung erklärlich zu finden. Wir finden ja in der Natur ganze Gebirge von Schalthieren, von Ueberresten mikroskopischer Thiere, die im lebenden Zustande eine gewisse Menge Stickstoff enthielten; wir finden grosse Lager von Thierexcrementen (Koprolithen), welche die Existenz zahlloser Individuen einer untergegangenen Thierwelt ausser Zweifel setzen. In den Processen der Fäulniss und Verwesung konnte der Stickstoff, der einen Bestandtheil ihrer Organe ausmachte, nur in zwei Formen austreten, in den kalten Klimaten vorzugsweise in der Form von Ammoniak, in den warmen Gegenden in der Form von Salpetersäure, welche letztere sich natürlich da anhäufen musste, wo aus Mangel an Wasser die daraus gebildeten Salze nicht fortgeführt werden konnten.

Digitized by Google

selten, wo sich Salpetersäure aus Ammoniak erzeugt unter Umständen, wo alle der Verwesung fähigen Materien fehlen[48]).

In der Ackererde nun ist Alles der Salpetersäurebildung günstig; es befindet sich in derselben nämlich in der Regel Ammoniak in Berührung mit Kalk, Magnesia und Kali, drei die Salpetererzeugung mächtig befördernde Basen; dieser Process kann jedoch nur in den oberen Schichten der Ackererde vor sich gehen, da nur diese einem hinlänglich freien Zutritt der Luft ausgesetzt sind, während in den untern Schichten die atmosphärische Luft nur langsam sich erneuern kann und deren Sauerstoff zur Oxydation des Kohlenstoffs und des Wasserstoffs der faulenden organischen Substanzen kaum hinreicht. In den obern Schichten der Ackererde müsste sich also unter geeigneten Umständen eine mehr oder weniger grosse Quantität von Salpetersäure und deren Verbindungen bilden; man findet jedoch nur sehr selten bemerkbare Spuren von salpetersauren Salzen in dem fruchtbaren Boden, ebenso wenig wie in dem Wasser der Quellen und der Flüsse, eine Thatsache, die man mit Mulder[49]) dadurch erklären könnte, dass eigentlich eine wirkliche Nitrification in der Ackererde deswegen nicht stattfinde, weil, sowie aus dem mit Humussäure verbundenen Ammoniak durch den Sauerstoff der Luft Salpetersäure gebildet wird, diese augenblicklich das humussaure Ammoniak in quellsatzsaures Ammoniak verwandeln und zugleich anstatt der Ameisen- und Oxalsäure, die sich sonst bei der Einwirkung der Salpetersäure auf Humussäure ausser dem $\frac{4}{5}$ quellsatzsauren Ammoniak bilden, unter diesen Umständen Kohlensäure bilden würde.

II. Zusammensetzung der Ackererde.

Aus der im Vorhergehenden mitgetheilten Bildungsweise der Ackerkrume können wir ersehen, welche Bestandtheile wir im Allgemeinen in derselben antreffen werden. Aus der Beschaffenheit dieser Bestandtheile ist es ferner klar, dass ein Theil derselben in Wasser löslich ist, während der grössere Theil durch dieses Mittel nicht aufgelöst wird und grossentheils aus Sand von Quarz oder verschiedenen unzersetzten Mineralien und Gebirgsarten, Thon und Kalk besteht, welche Masse zur Befestigung der Wurzeln der Pflanzen, und in Folge des Vorherrschens des einen oder andern Bestandtheils und der damit in Verbindung stehenden physikalischen Eigenschaften der Ackererde im Allge-

---

[48]) Liebig a. a. O. S. 399. Nach der Beobachtung von Collard de Martigny geht Ammoniak bei Berührung mit Kalkhydrat und Luft direct und ohne alle Mitwirkung einer andern verwesenden Substanz in Salpetersäure über.

[49]) Mulder: s. *über die Entstehung der organischen Bestandtheile der Ackererde;* oben S. 102, Anmerk. 14.

Digitized by Google

meinen, worauf wir in dem folgenden Capitel näher eingehen werden, eine grössere oder geringere Fruchtbarkeit bedingen. Man kann die in der Ackererde befindlichen Substanzen mit Mulder[50]) nach ihrer Löslichkeit oder Unlöslichkeit in Wasser, Alkali, Alkohol und Aether eintheilen. Die in Alkohol und Aether löslichen Verbindungen sind namentlich harzartige Stoffe, welche, wie die des Torfes[51]), durch Umwandlung verschiedener vegetabilischer Körper entstanden, der weitern Zersetzung gewöhnlich grossen Widerstand zu leisten und deswegen auf die Vegetation keinerlei Einfluss auszuüben scheinen; sie können also bei der Betrachtung der Zusammensetzung der Ackererde unberücksichtigt gelassen werden. Natürlich sind es die in Wasser löslichen Substanzen, oder der im Allgemeinen sogenannte *Humusextract*, welche allein unmittel-

---

[50]) Mulder a. a. O. und *physiolog. Chemie* S. 152 u. ff.

[51]) *Die Harze des Torfes* haben nach Mulder (*physiol. Chemie* S. 150 u. ff.; und Bullet. de Néerl. und J. f. pr. Ch. XVII. 444—453. 1839. Wolff: *Uebers. der elementar-analyt. Unters. organ. Substanzen*, S. 412 u. ff.) eine sehr sonderbare Zusammensetzung, insofern Verbindungen von Kohlenstoff und Wasserstoff in verschiedenen Verhältnissen darin vorkommen und zwar CH^2, C^5H^8, entweder als solche, oder noch mit Sauerstoff verbunden. — Der harte friesische Torf enthält 4 Harze: α. $C^{50}H^{80}O^9 = 10(C^5H^8) + O^9$; β. $C^{77}H^{134}O^9$; γ. $C^{104}H^{188}O^9$ u. δ. $C^{131}H^{242}O^9$. In den drei letzten ist ohne Zweifel das α Harz mit CH^2 chemisch gebunden; denn ziehen wir von allen das α Harz ab, so haben wir:

β.	C^{77}	H^{134}	O^9	
α.	50	80	9	
	27	54		$= 9 \times C^3H^6$.
γ.	C^{104}	H^{188}	O^9	
α.	50	80	9	
	54	108		$= 18 \times C^3H^6$.
δ.	C^{131}	H^{242}	O^9	
α.	50	80	9	
	81	162		$= 27 \times C^3H^6$.

In langem, leichtem friesländischen Torf hochliegender Gegenden ist die Zusammensetzung jener Harze eine etwas andere:

α. $C^{35}H^{56}O^5 = 7(C^5H^8) + O^5$;

γ. $C^{90}H^{168}O^6 = 6(C^5H^8 + O) + 60(CH^2)$.

„Auf das Vorkommen mehrerer solcher Verbindungen ist die Ackererde noch nicht untersucht, aber ähnliche wie die angeführten finden sich ohne Zweifel in allen Arten solcher Erdschichten, welche aus der Zersetzung organischer Körper hervorgegangen sind. Der Kohlenwasserstoff CH^1 ist ein Product der Zersetzung derjenigen Pflanzen, woraus die Steinkohlen entstanden sind, Pflanzen, welche tief unter der Erdoberfläche verschüttet liegen; zwei andere feste Kohlenwasserstoffverbindungen CH^2 und C^5H^8 erzeugen sich bei einem ähnlichen Processe an manchen Stellen der Erdoberfläche; wahrscheinlich werden spätere Untersuchungen noch mehrere der Art kennen lehren (Johnston)."

Forchhammer (J. f. pr. Ch. XX. 459—464; Lieb. XLI. 39—48. Wolff a. a. O. S. 414) fand in dänischen Torfarten die folgenden Harze: Tekoretin $= C^{20}H^{36}$; Phylloretin $= C^{40}H^{50}$; Xyloretin $= C^{40}H^{66}O^2 + H^2O$ und Boloretin $= C^{40}H^{64}O^2 + H^2O$.

Digitized by Google

bar zur Pflanzenernährung beitragen können, während die unlöslichen Substanzen nur mittelbar wirken, indem sie durch ihre physikalischen Eigenschaften oder dadurch, dass sie das Wasser hygroskopisch binden und erst nach und nach durch den Einfluss der Vegetationskraft wieder fahren lassen, zur Beförderung des Pflanzenwachsthums beitragen, oder endlich auch selbst in Folge der zersetzenden und verändernden atmosphärischen Einflüsse in einen löslichen Zustand übergehen und so ebenfalls von den Wurzeln aufgenommen und in den Pflanzen assimilirt werden. Durch Wasser zog Mulder z. B. aus drei verschiedenen Arten fruchtbarer Ackererde die folgenden Substanzen aus: *Chlornatrium*, *Chlorkalium*, *Chlormagnesium*, *Chlorcalcium*, *Chlorammonium*; ferner fand er in dem Humusextract *Ameisensäure*, *Essigsäure*, *Schwefelsäure*, *Quellsäure*, *Quellsatzsäure*, *Huminsäure* und *Kohlensäure*, sämmtlich verbunden mit *Kali*, *Natron*, *Kalk*, *Magnesia*, *Ammoniak* und *Thonerde*. Aus dem Rückstande der Ackererde lassen sich mittelst wässeriger Alkalien auflösen und durch Säuren wieder fällen: *Ulminsäure*, oder *Humussäure*, oder *Geïnsäure*, welche beiden letztern aus der erstern durch Oxydation entstehen. In der mit Alkalien behandelten Ackererde finden sich an organischen Substanzen noch *Ulmin* und *Humin*, die durch ihre allmählige, durch die fortdauernde Zersetzung der Ackererde bedingte Umwandlung in Ulminsäure und Huminsäure in einen in Alkalien löslichen Zustand übergehen. Die erwähnten fünf organischen Substanzen der Ackererde nennt man zusammen *humusartige* Stoffe, während man die in der alkalischen Flüssigkeit, aus welcher Säuren die humusartigen Stoffe niedergeschlagen haben, noch enthaltene und durch essigsaures Kupfer fällbare *Quellsäure* und *Quellsatzsäure* (welche Hermann [52]) schon 1837 in der Ackererde aufgefunden hatte) mit Mulder *quellartige* nennen kann. In einer guten Ackererde, in welcher die Humification der organischen Substanzen beendet

---

[52]) *Chemische Untersuchung des Tschornasems oder der schwarzen Ackererde der südlichen Gouvernements Russlands*, v. R. Hermann; J. f. pr. Ch. XII. 277—291. Tschornasem ist ungefähr das, was die Deutschen Marschboden, humusreiche Dammerde nennen. Die Schwarzerde ist ein inniges Gemenge von organischen Resten und den Producten ihrer Verwesung mit Sand, Lehm oder Mergel; sie ist eine Art Torf, doch von ihm wesentlich dadurch verschieden, dass Torf unter Wasser entstand, während die Vegetabilien, die die Entstehung der Schwarzerde veranlassten, unter dem Einflusse der atmosphärischen Luft verwesten.

No. 1. Schwarzerde, die noch nicht der Cultur unterworfen worden war, oder sogenannte Jungfernerde.

No. 2. Schwarzerde, die, ohne gedüngt worden zu sein, durch vieljährige Cultur erschöpft, schon merklich an Fruchtbarkeit verloren hatte. Von dieser gehörte:

No. 2. a. den oberen Schichten eines Feldes an;

No. 2. b. wurde aber von den unteren Schichten desselben Feldes genommen, und zwar aus einer Tiefe von 7 Werschok, also von einer Stelle, die nicht mehr von der Pflugschaar aufgewühlt werden konnte.

Digitized by Google

ist, enthält keine der genannten Substanzen Stickstoff, sondern dieser kommt nur in der Form von Ammoniak vor, welches mit den fünf organischen Säuren der Ackererde verschiedene Verbindungen eingeht, in denen auch Kali, Natron, Kalk, Magnesia und Eisenoxyd zum Theil das Ammoniak vertreten, zum Theil mit ihm zugleich zugegen sein und Doppelsalze bilden können, welche vermöge ihrer Löslichkeit sehr geeignet sind, das Gedeihen der Pflanzen zu befördern [53]).

		No. 1.	No. 2. a.	No. 2. b.
Sand		51,84	53,38	52,72
Thon	Kieselerde	17,80	17,76	18,65
	Thonerde	8,90	8,40	8,85
	Eisenoxyd	5,47	5,66	5,33
	Kalk	0,87	0,93	1,13
	Magnesia	0,00	0,77	0,67
	Wasser	4,08	3,75	4,04
	Phosphorsäure	0,46	0,46	0,46
verbunden hauptsächlich mit Eisenoxyd und Thonerde	Quellsäure	2,12	1,67	2,56
	Quellsatzsäure	1,77	2,34	1,87
	Humussäure	1,77	0,78	1,87
	Humusextract	3,10	2,20	0,00
	Wurzelfasern und Humuskohle	1,66	1,66	1,66
		99,84	99,76	99,81.

Die Folgerungen, die Hermann als Resultat vorstehender Untersuchungen macht, sind folgende:

1) Die Ackererde enthält als organische Hauptbestandtheile, ausser den früher bekannten, noch Quellsäure und Quellsatzsäure.

2) Ausgesogene Ackererde enthält weniger organische Bestandtheile als sogenannte Jungfernerde. Ihre Quantitäten verhalten sich zu einander = 7,96 : 8,65 : 10,42.

3) Diese Verminderung betrifft hauptsächlich die Humussäure und den Humusextract. Quellsäure und Quellsatzsäure finden sich in den ausgesogenen Erden sogar in grösserer Menge als in der Jungfernerde.

4) Humusextract findet sich in einer Ackererde, die aus einer Tiefe von 7 Werschok genommen worden war, gar nicht vor.

[53]) Mulder, *physiolog. Chem.* S. 142. A. d. a. O. heisst es ferner: „Alle Silikate von Thonerde, Kalk, Kali, Natron, Eisenoxyd bilden einen fruchtbaren Boden; denn er besitzt einerseits das Vermögen, Wasser zurückzuhalten, andrerseits enthält er, besonders je unvollkommner die ursprüngliche Gebirgsart verwittert ist, noch Alkalien in hinreichender Menge, um lange Zeit die Pflanzen damit zu versehen. — Als Beispiel gebe ich die Zusammensetzung dreier Arten eines thonigen Bodens aus Holland, und zwar aus dem Zuidersee, von C. H. v. Baumhauer analysirt:

Unlösliche kieselerdehaltige Thonerde und Quarzsand	1.	—	2.	—	3.
	57,646	—	51,706	—	55,372
Lösliche Kieselerde	2,340	—	2,496	—	2,286
Thonerde	1,830	—	2,900	—	2,888
Eisenoxyd	9,039	—	10,305	—	11,864
Eisenoxydul	0,350	—	0,563	—	0,200
Manganoxydul	0,288	—	0,354	—	0,284
Kalk	4,092	—	5,096	—	2,480
Magnesia	0,130	—	0,140	—	0,128
Kali	1,026	—	1,430	—	1,521

Digitized by Google

Man hat schon in sehr früher Zeit den Einfluss der Bestandtheile des Bodens auf das Gedeihen der Pflanzen erkannt, und deswegen sind von ausgezeichneten Chemikern, seit de Beunie [54]), Kirwan [55]) u. A. die ersten Analysen mittheilten, eine grosse Menge verschiedener Ackererden einer mehr oder weniger genauen chemischen Untersuchung unterworfen worden [56]), deren Werth

	1.		2.		3.
Natron	1,972	—	2,069	—	1,937
Ammoniak	0,060	—	0,078	—	0,075
Phosphorsäure	0,466	—	0,324	—	0,478
Schwefelsäure	0,896	—	1,104	—	0,576
Kohlensäure	6,085	—	6,940	—	4,775
Chlor	1,240	—	1,382	—	1,418
Humussäure	2,798	—	3,991	—	3,428
Quellsäure	0,771	—	0,731	—	0,037
Quellsatzsäure	0,107	—	0,160	—	0,152
Humin, Pflanzenüberreste und chemisch gebundenes Wasser	8,324	—	7,700	—	9,348
Wachs und Harz . . .	Spuren	—	Spuren	—	Spuren
Verlust	0,540	—	0,501	—	0,753
	100,000		100,000		100,000.

Ein Blick auf die Zusammensetzung jener Erdart überzeugt uns von ihrer Wichtigkeit für die Vegetation, indem darin dieselben Verbindungen vorkommen, welche die wesentlichen Bestandtheile der Pflanzen ausmachen. Sie stammt, wie überhaupt Hollands fruchtbarer Boden, aus den Rheingegenden und also von den verwitterten Gebirgsmassen jener Gebiete. Einen Gegensatz zu dem Thonboden bildet der Sandboden Hollands, dessen Hauptbestandtheil Quarzsand ist: ein Stoff, woraus durch Wasser nichts, mit Säuren kaum etwas ausgezogen werden kann, und der also, wenn nicht die den Pflanzen unentbehrlichen Stoffe damit gemengt sind, für die Vegetation durchaus nicht geeignet ist."

[54]) J. B. de Beunie: *chemischer Versuch über die Erden, als Grundlage zum Anbau der Heiden*; Crell Ann. 1784. I. 163—179.

[55]) Kirwan: *von den Bestandtheilen eines fruchtbaren Ackers, und die Art, die Fruchtbarkeit desselben zu beurtheilen;* Crell Ann. 1796. I. 464—480.

[56]) Wir werden in dem Folgenden eine kurze Zusammenstellung einiger der bisher ausgeführten Analysen von Bodenarten geben. Wir führen, mit Uebergehung der noch älteren, zuerst einige Analysen an, welche Kirwan a. a. O. zusammengestellt hat. — Giobert analysirte eine fruchtbare Ackererde, auf welche jährlich über 40 Zoll Regen auf den Quadratfuss fiel, und fand das folgende Verhältniss der einfachen Erden:

Kieselerde	77 — 79
Thonerde	9 — 14
Kohlensaure Kalkerde .	8 — 12.

Ausserdem waren in 1 Pfund 25 Gran Kohlenstoff oder Humusextract und 70 Gran Wasser enthalten. In einem weniger fruchtbaren (1) und in einem unfruchtbaren (2) Boden fand Giobert die Verhältnisse:

	1.	2.
Kieselerde . . .	48 — 80	42 — 88
Thonerde . . .	7 — 22	20 — 30
Kalkerde . . .	9 — 11	4 — 20.

Bergmann fand die Zusammensetzung eines fruchtbaren Bodens in Schweden, auf welchen der Regenfall 15 schwedische oder 22,9 englische Zoll beträgt:

Digitized by Google

jedoch für die praktische Landwirthschaft bisher nur sehr gering gewesen zu sein scheint; und der Grund hiervon möchte wohl in folgenden Umständen zu suchen sein: jene Analysen stehen zum Theil vereinzelt da, oder wenn auch Reihen von Analysen ver-

---

Grobkörniger Kieselsand . . .	30
Feiner „ . . .	26
Thonerde	14
Kalkerde	30.

Davy theilt in seiner *Agriculturchemie* (deutsche Ausg. S. 197 u. ff.; vgl. Boussingault, *Landwirthsch.* Bd. I. S. 418) folgende Analysen von culturfähigen Bodenarten Englands mit:

Localitäten.	Quarzsand und Kies.	Kieselerde.	Thonerde.	Kohlensaure Kalkerde.	Kohlensaure Talkerde.	Eisenoxyd.	Salze u. organ. Materien.	Schwefelsaure Kalkerde.	Feuchtigkeit.	Verlust.	Bemerkungen.
Grafsch. Kent	66,3	5,2	3,3	4,8	0,8	1,2	8,0	0,5	4,9	5,0	Gute Qualität, Hopfenbau.
Norfolk	88,9	1,7	1,2	7,0	—	0,3	0,6	—	0,3	—	Gute Qualität für Turnips.
Middlessex	60,0	12,8	11,6	11,2	—	—	4,4	—	—	—	Sehr gute Qualität, Weizenland.
Worcesshire	60,0	16,4	14,0	5,6	—	1,2	2,8	—	—	—	Ausnehmend fruchtbarer Boden.
Thal v. Tiviot	83,3	7,0	6,8	0,7	—	0,8	1,4	—	—	—	Gute Qualität.
Salisbury	9,1	12,7	6,4	57,3	—	1,8	12,7	—	—	—	Vortrefflicher Weideboden.

Man findet ferner in einer Abhandlung Davy's über die Analyse der Ackererde (Tilloch's philos. Mag. Vol. XXIII. Oct. 1805. p. 26—41 und Gehlen, Journ. f. Phys. und Chem. Bd. II. S. 345—363. 1806) die Analyse aufgeführt einer Erde von einem Felde bei Sheffield-place in Sussex, welches wegen der vortrefflichen darauf wachsenden Eichen merkwürdig ist; die Erde bestand aus 6 Th. Sand und 1 Th. Thon und gab bei der genaueren Analyse:

Wasser	3
Kieselerde	54
Thonerde	28
Kohlensauren Kalk .	3
Vegetabilischen Stoff	4
Verlust	4.

Chaptal (*Agriculturchemie*, Bd. I. S. 40) untersuchte einen sehr fruchtbaren, von der Loire angeschwemmten Boden, 125 Lieues von ihrer Quelle, und fand in demselben:

Kieselerdehaltigen Sand .	32
Kalkerdehaltigen Sand .	11
Kieselerde	11
Kohlensaure Kalkerde .	19
Thonerde	21
Pflanzenüberreste . . .	0,7.

Die Analyse eines Landes in der Touraine, welches gerade einen schönen Hanf getragen hatte, ergab:

Digitized by Google

schiedener Bodenarten mitgetheilt sind, so geben diese doch fast nie mehr als gerade die chemischen Bestandtheile derselben an,

Gröblichen Sand . . .	49
Kohlensaure Kalkerde .	25
Kieselerde	16
Thonerde	19.

Thaer und Einhof haben eine Reihe von Bodenanalysen geliefert, die wir in folgender Zusammenstellung aus Boussingault's *Landwirthschaft*, Bd. I. S. 413, entnehmen. Boussingault bemerkt, dass bei mehreren dieser Analysen, welche nach den jetzt gebräuchlichen Methoden wiederholt zu werden verdienten, die Menge des Humus zu gross angegeben ist.

Bezeichnung der Erden.	Gewöhnliche Bezeichnung.	Thon.	Sand.	Kalk.	Humus.
Thon und Humus	Reicher Weizenboden	74	10	4	11½
desgl.	desgl.	81	6	4	7½
desgl.	desgl.	79	10	4	6½
Mergel	desgl.	40	22	36	4
Leichter Boden mit Humus	Wiesenboden	14	49	10	27
Sandboden mit Humus	Guter Gerstenboden	20	67	3	10
Thonboden	Guter Weizenboden	58	36	2	4
Mergelboden	Weizenboden	56	30	12	2
Thonboden	desgl.	60	38	—	2
Lettenboden	Gerstenland, I. Cl.	38	60	—	2
desgl.	desgl. 2. Cl.	33	65	—	2
Sandiger Letten	desgl. desgl.	28	70	—	2
desgl.	Haferland	23½	75	—	1½
Thoniger Sand	desgl.	18½	80	—	1½
desgl.	Roggenland	14	85	—	1
Sandboden	desgl.	9	90	—	1
desgl.	desgl.	4	95	—	¾
desgl.	desgl.	2	97½	—	½

Gasparin's (Rec. de Mém. sur l'Agricult. t. II. p. 200, Boussingault a. a. O. Bd. I. S. 419) Untersuchungen über die Bodenarten des südlichen Frankreichs (bei 40° C. getrocknet) lieferten die folgenden Resultate:

Localitäten.	Humus.	Kalk.	Thon.	Sand.	Bemerkungen.
Du Thor (Vaucluse)	7,5	92,5	6,0	1,5	Mittelmäss. Getreideboden.
Rhone-Alluvium	3,4	2,3	53,5	42,7	Gut für Krapp, Getreide und Luzerne.
De Palus bei Orange	2,5	53,5	43,3	1,0	Schlechtes Getreideland.
Früh. Ablagerungen d. Rhone b. Tarascon	5,0	32,5	56,5	11,5	Gutes Getreideland, mittelmäss. f. Krapp.
Ebenen um Orange	4,0	50,0	48,0	2,0	desgl.
Umgegend v. Auch	1,5	3,5	73,0	23,0	Schlechtes Land zu Krapp.

Digitized by Google

ohne jedoch hinlänglich einzugehen auf alle die Umstände, die bei einer genauen Betrachtung irgend einer Bodenart sorgfältig beobachtet werden müssen, namentlich die Art und Weise, wie der Boden behandelt worden ist, welchen Dünger er erhalten und welche Fruchtfolge auf demselben stattgefunden hat, welcher geo-

---

Gräger führte die folgenden Analysen mit Ackererden aus der Gegend von Mühlhausen in Thüringen aus (Boussingault, *Landwirthschaft*, Bd. I. S. 419):

Bestandtheile.	1. Ackererde aus dem Keuper.	2. Tuffkalkboden aus d. Unstrutthale.	3. Zum Anbau nicht benutzter Lehm aus einer Lehmgrube.	4. Seit 100 Jahren urbarer Waldboden aus der Muschelkalkformation.
In Salpetersäure unauflöslich	67,23	33,28	77,21	84,32
Kohlens. Kalkerde	17,20	55,74	11,12	3,26
Kohlens. Talkerde	4,68	0,86	2,25	—
Kohlensaures Natron	—	1,03	0,44	Spur. v. Chlor
			Manganoxyd	
Schwefelsaures „	—	0,53	0,08	—
Kohlensaures Kali	2,18	Spuren	—	2,54
Thonerde und Eisenoxyd	3,85	1,27	4,58	3,26
			Wasser	
Basisch-phosphorsaure Thonerde und Eisenoxyd	0,02	0,47	3,28	—
Humus	4,46	6,73	—	6,40.

Berthier (Ann. de Ch. et de Ph. XXIV. 89—91) analysirte eine Erde aus der Gegend von Lille, welche mit Rübsaat bebaut gewesen war und dessenungeachtet keine Spur von Humus oder Pflanzenresten enthielt; sie war feinkörnig und, wie es schien, sehr gleichartig; die Zusammensetzung war folgende:

Kieselerde . . .	78,19
Thonerde . . .	7,14
Eisenoxyd . . .	4,42
Kalk	1,86
Magnesia . . .	0,78
Kohlensäure . .	1,43
Wasser	5,77.

Plagne (Ann. marit. et colon. t. III. 1825. p. 50; Boussing. a. a. O. S. 417), welcher die Culturen der Küste von Coromandel untersuchte, theilt die Ackererden, von denen er Analysen gemacht hat, in *thonige*, *sandige* und *gemengte* ein. In diesem Klima wird Thonboden von den Pflanzern am meisten geschätzt, man bestimmt ihn vorzugsweise für den Anbau des Nelis (Reis, der in seiner Hülle bleibt). Während des grössten Theils des Jahres werden diese Ländereien bewässert; der Sandboden aber ist immer dürr und trocken, wenn er — was meistens der Fall ist — nicht bewässert werden kann; man cultivirt ihn nur während der Regenzeit und verwendet ihn ausschliesslich zum Anbau von Küchenkräutern und Gemüsen. Die gemengten Bodenarten sagen verschiedenen Pflanzen zu; man kann sie betrachten als Sandboden, der durch eine längere Cultur verbessert worden ist.

Digitized by Google

gnostischen Formation er angehört, und ganz besonders, welche physikalische Eigenschaften er besitzt. Das Verhalten der Acker-

	Thonige,	sandige,	gemengte.
Kieselerde	22,0 —	82,0 —	64,0
Thonerde	59,0 —	6,5 —	19,5
Kohlensaure Kalkerde	3,5 —	3,5 —	2,5
Eisenoxyd	2,5 —	4,0 —	4,0
Phosphorsaure Talkerde } Schwefelsaure Kalkerde }	5,0 —	0,0 —	7,0
Wasser und Verlust	8,0 —	2,0 —	3,0.

Eine Untersuchung des Bodens, in welchem in China und in der Colonie von Asam der Theestrauch cultivirt wird, wurde von Piddington (Robinson, a descriptive account of Asam, p. 130; Boussing. a. a. O. S. 418) ausgeführt:

	China.	Asam.
Kieselerde und Sand	76,0 —	84,8
Thonerde	9,0 —	4,5
Eisenoxyd	9,9 —	7,0
Schwefelsaure und phosphorsaure Kalkerde	1,0 —	Spuren
Organische Materie	1,0 —	1,5
Wasser	3,0 —	2,3.

Levi (Ann. der Chem. u. Pharm. Bd. L. S. 422) fand die Liebfrauenerde bei Worms, bekannt durch den vorzüglichen Wein, welchen sie erzeugt, nachdem sie bei 100° getrocknet und sodann geglüht worden war (wobei sie 10,48 bis 9,08 Wasser und organische Substanz verlor), wie folgt zusammengesetzt:

Kieselerde	67,90
Eisen- und Manganoxyd	7,25
Thonerde	8,30
Kalk	3,11
Magnesia	1,90
Kali	3,86
Natron	5,49
	97,81.

Rich. Phillips jun. (Phil. Mag. Journ. Vol. XXVI. No. 174; J. f. pr. Ch. XXXVI. 18—23. 1845) theilt mehrere von Wilson und Howard ausgeführte Analysen von fruchtbaren Bodenarten mit, welche beweisen sollen, dass das Eisen, wenn es auch nicht grade nöthig ist, dass es als Oxydul vorhanden sei, dennoch in allen fruchtbaren Ackererden in diesem Zustande vorkomme, wie die folgenden Analysen beweisen:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Kieselerde	77,0 —	68,0 —	61,5 —	40,0 —	68,0 —	72,4
Thonerde	8,8 —	16,3 —	9,1 —	29,7 —	12,4 —	12,0
Eisenoxydul	5,4 —	„ —	3,1 —	14,0 —	5,0 —	5,1
Eisenoxyd	„ —	7,4 —	„ —	„ —	„ —	„
Schwefelsaurer Kalk	0,6 —	0,4 —	„ —	0,3 —	1,1 —	0,4
Kali- und Natronsalze	1,0 —	Spur —	0,8 —	0,4 —	0,5 —	0,7
Organ. Materien	5,0 —	4,1 —	6,2 —	8,9 —	6,3 —	7,4
Wasser	2,2 —	3,8 —	2,2 —	1,9 —	0,3 —	2,0
Magnesia	Spur —	Spur —	„ —	„ —	„ —	„
Phosphors. Kalk	Spur —	„ —	„ —	Spur —	Spur —	„
Kohlens. Kalk	„ —	„ —	16,4 —	4,2 —	6,4 —	„
Kohlens. Magnesia	„ —	„ —	0,7 —	0,6 —	„ —	„

1) Ackerkrume des besten Weizenlandes im Lothiankreise; 2) Unterboden desselben Landes; 3) ausserordentlich fruchtbarer Boden von Polder in Belgien, welcher nach der Aussage des Besitzers seit 50 Jahren nicht gedüngt ist; 4) ein indischer, sehr fruchtbarer Boden;

Digitized by Google

erde, insofern es unabhängig ist von ihrer chemischen Zusammensetzung, werden wir in dem folgenden Capitel näher zu erörtern versuchen. In jeder Hinsicht genaue Bodenanalysen sind noch zu

---

5) fruchtbarer Boden von Berkshire; diese Analysen sind von Wilson ausgeführt worden; die folgende von Howard; 6) fruchtbarer, gut cultivirter Boden von Yorkshire. — Phillips fügt diesen Analysen noch folgende Bemerkung bei: „Dass das Eisen als Oxydul sich vorfindet, scheint daher zu kommen, dass durch die kohlenstoffreichen organischen Materien das Eisenoxyd zu Oxydul reducirt wird und, indem dieses selbst Kohlensäure aufnimmt, vor der Einwirkung des Sauerstoffs der Luft geschützt bleibt, indem derselbe durch den Humus absorbirt wird. Ueber 200 Grm. des oben analysirten Bodens (er enthielt 18,5 Proc. Wasser) liess ich einen gelinden Luftstrom gehen; ich erhielt dadurch 6 Grm. Kohlensäure = 1,63 Grm. Kohlenstoffverlust, und in dem Rückstande zeigte sich das Eisenoxydul unverändert."

Es möchten ferner einige Analysen von Bodenarten hier Erwähnung verdienen, welche Schübler in seinen Zusätzen zu der Uebersetzung von Chaptal's *Agriculturchemie*, Bd. II. S. 343 u. ff. mittheilt. (Diese Analysen finden sich gleichfalls ausführlich mitgetheilt in Schweigg. Journ. Bd. XXXVII. 55—70. 1823. Eine grosse Anzahl von Analysen sind ebenfalls von Schübler in dessen *Agriculturchemie*, Bd. II. S. 121—128 ausgeführt.)

Die Ackererde aus dem Neckarthal bei Canstadt, einer der fruchtbaren Gegenden Würtembergs, zeigte sich in 100 Theilen zusammengesetzt aus:

17,2 Theilen Kieselsand,
64,5 — feinem Thon mit etwas Eisenoxyd,
10,4 — kohlensaurer Kalkerde,
1,0 — in Wasser und Kali auflöslichem mildem Humus,
6,9 — liessen sich durch Glühen verflüchtigen.

Gewicht eines Pariser Cubikzolls im trocknen Zustand 440 Grane,
" " " " " nassen " 517 "
Wasserhaltende Kraft dem Gewichte nach 61,3 Proc.
Consistenz, die des Thons = 100 gesetzt, = 64,1 "
Farbe: dunkelgrau.

„Die Ackererde hat bedeutende Mächtigkeit, so dass auch tiefer wurzelnde Gewächse und Bäume ein gutes Fortkommen zeigen; die vorherrschende unter der Ackererde liegende Gebirgsart ist aufgeschwemmtes Land, Neckargeschiebe, die durch Kalktuff verbunden sind. — Die fruchtbaren Bodenarten des mittlern Neckarthales zeigen meist eine ähnliche Zusammensetzung, ihr Kalkgehalt wechselt im Mittel von 8—20 Proc., ihr Thongehalt von 50—65, ihr auflöslicher Humusgehalt von 0,5—1,8, verflüchtigen lassen sich bis 11 Proc., durch blosses Auskochen mit Wasser lässt sich aus ihnen nur höchst wenig ausziehen, wenn sie anders nicht erst frisch gedüngt werden. Sie gehören daher meist zu den vermögenden und reichen Mergelböden. Benutzt werden sie ausser dem Gemüsebau im Grossen vorzüglich zu Dinkel, selten zu Weizen, übrigens auch zu Emmer, Einkorn, Gerste, seltener zu Hafer und Roggen, abwechselnd mit Klee."

Die Ackererde von den Anhöhen zur Seite des Neckarthales bei Tübingen (auf dem Viehweidberg) zeigte sich bestehend aus:

31,1 Th. Kieselsand,
59,9 — feinem Thon mit etwas Eisenoxyd,
3,0 — kohlensaurer Kalkerde,
0,7 — in Wasser und Kali auflöslichem, mildem Humus,
5,2 — liessen sich durch Glühen verflüchtigen.

Digitized by Google

wenige ausgeführt worden, als dass sich aus denselben allgemeinere Resultate für den praktischen Landbau entnehmen liessen.

Gewicht eines Pariser Cubikzolls im trocknen Zustand 443 Grane,
" " " " nassen " 511 "
Wasserhaltende Kraft dem Gewichte nach = 59,6 Proc.
Consistenz . . . . . = 55,5 "

Farbe: hellgrau. — Benennung: vermögender kalkhaltiger Thonboden.

„Die Mächtigkeit der fruchtbaren Ackererde ist oft nicht hinreichend tief, der Untergrund ist zum Theil schwer thonigt. Die Gebirgsart ist bunter grobkörniger Sandstein. — Die Fruchtbarkeit dieser Anhöhen ist oft bedeutend geringer als die im Neckarthal. Von Getreidearten wird auf diesem Boden statt Dinkel nicht selten Emmer *(Trit. dicoccum)* gebaut, übrigens auch Einkorn, Gerste, Hafer, abwechselnd mit Klee, Luzerne und verschiedenen Brachfrüchten."

Eine Erde aus Weingärten, nördlich von den Anhöhen von Stuttgart, zeigte sich bestehend aus:

38,0 Th. Thon, durch Eisenoxyd braun gefärbt,
49,5 — Kieselsand, gemengt mit vielen kleinen Stückchen von schiefrigem, erhärtetem Thonmergel,
4,2 — kohlensaurer Kalkerde,
1,4 — Gips,
1,3 — durch Kali und Wasser ausziehbarem Humus,
5,3 — liessen sich durch's Glühen verflüchtigen.

Gewicht eines Pariser Cubikzolls im trocknen Zustand 479 Grane,
" " " " nassen " 553 "
Wasserhaltende Kraft dem Gewichte nach = 46,4 Proc.
Consistenz . . . . . = 33,0 "

Farbe: röthlichbraun; Benennung: vermögender kalkhaltiger Lehmboden mit etwas Gipsgehalt; Lage: gegen Süden geneigt; die Ackerkrume ist einige Schuh mächtig; die Gebirgsart ist bunter Sandstein, der mit Lagern von schiefrigem erhärtetem Thonmergel und Gips durchzogen ist.

„Die Bodenarten der bessern Weinberge der Bergketten des Neckarthales zeichnen sich vor den Bodenarten des Thales selbst gewöhnlich durch die hier bemerkten Eigenschaften aus; der Gips fehlt ihnen häufig ganz, sie verdanken ihre Eigenschaften vorzüglich der eigenthümlichen feinschiefrigen Beschaffenheit ihres Thons, sie besitzen eine geringe wasserhaltende Kraft und Consistenz, ein grosses absolutes Gewicht und meist dunkle Farben, Eigenschaften, welche ihnen zugleich eine grosse wärmehaltende Kraft geben. Vor dem Sand selbst zeichnen sich diese schiefrigen Thonarten, dem sie sich in ihren Eigenschaften nähern, dadurch vortheilhaft aus, dass sie gewöhnlich eine etwas grössere wasserhaltende Kraft und immer eine grössere Consistenz als reiner Sand besitzen, wodurch sich Feuchtigkeit und Humus mehr in ihnen ansammeln können."

Der Boden eines schönen Laubholzwaldes auf einer Anhöhe südlich vom Neckarthal bei Tübingen (der lange Hau) zeigte sich in 100 Theilen bestehend aus:

59,5 Th. feinem abschlemmbarem Thon,
32,0 — Kieselsand,
1,4 — kohlensaurer Kalkerde,
0,9 — durch Wasser und Kali auflöslichem, mildem Humus,
6,2 — liessen sich durch's Glühen verflüchtigen.

Gewicht eines Pariser Cubikzolls im trocknen Zustand 462 Grane,
" " " " nassen " 579 "
Wasserhaltende Kraft = 53 Proc.
Consistenz . . . . = 54,6 "

Farbe: grau; Benennung: vermögender kalkhaltiger Thonboden.

Digitized by Google

Nach der Beschaffenheit und der Menge einzelner Bestandtheile hat man die Bodenarten in verschiedene Classen und Abthei-

---

„Das Erdreich ist mehrere Schuh tief und ruht auf buntem Sandstein. Der Wald gehört zu den schönsten dieser Gegend, er trägt schlanke Buchen und Eichen, das Unterholz bilden Birken, Hainbuchen *(Carpinus Betulus)*, Linden und Saalweiden *(Salix caprea)*; bei 20jährigem Umtrieb ist der mittlere Ertrag auf einem würtembergischen Morgen 4—6 Klafter Prügelholz und 400—600 Wellen."

Die Nadelholzwälder des Schwarzwaldes zeigen gewöhnlich eine entgegengesetzte Beschaffenheit, in ihnen herrscht häufig Kieselsand vor. Ein Waldboden bei Kalmbach in der Nähe des Wildbads aus einem schönen Kiefernwald *(Pinus sylvestris)* zeigte sich in 100 Theilen zusammengesetzt aus:

77,0 Th. Kieselsand,
20,0 — feinem Thon mit etwas Eisenoxyd,
1,3 — kohlensaurer Kalkerde,
0,1 — durch Wasser und Kali auflöslichem, mildem Humus,
1,3 — liessen sich durch's Glühen verflüchtigen.

Gewicht eines Pariser Cubikzolls im trocknen Zustand 454 Grane,
" " " " " nassen " 622 "
Wasserhaltende Kraft = 38,2 Proc.
Consistenz . . . . = 6,8 "

Farbe: röthlichgrau; Benennung: armer lehmiger Sandboden.

Das Erdreich ist mehrere Schuh tief und ruht auf rothem, älterem Sandstein; hie und da wird auf diesem Boden auch Roggen gebaut.

Die Erden von Gebirgsgegenden zeichnen sich zuweilen durch ausgezeichnet schwarze Farbe und Reichthum an Humus aus, vorzüglich in flachen Alpthälern und selbst auf Anhöhen, wenn der Humus weder durch Ueberschwemmungen noch reissende Gebirgswasser in die Tiefe geführt wird. Die schwäbische Alp, welche im Mittel 2400—2800 Par. Fuss über dem Meere liegt, zeigt mehrere solcher Gegenden. Ein leichter schwarzer Boden dieser Gebirgskette in der Nähe von Genkingen zeigte sich zusammengesetzt aus:

47,0 Th. feinem Thon mit etwas Eisenoxyd,
1,2 — Kieselsand,
33,8 — kohlensaurer Kalkerde,
4,6 — durch Kali und Wasser auflöslichem, mildem Humus,
15,1 — liessen sich durch's Glühen verflüchtigen.

Gewicht eines Pariser Cubikzolls im trocknen Zustand 348 Grane,
" " " " " nassen " 462 "
Wasserhaltende Kraft = 91,6 Proc.
Consistenz . . . . = 14,7 "

Farbe: schwarz; Benennung: weicher lehmiger Kalkboden.

„Die Ackerkrume ist oft einige Schuh mächtig und ruht auf Jurakalk, ist häufig mit vielen kleinen Steinchen gemischt, welche übrigens bei dieser Bodenmischung ganz wohlthätig wirken, indem sie dem Boden mehr Festigkeit und grössere wärmehaltende Kraft geben, welches bei der grossen wasserhaltenden Kraft und dem schon rauhen Klima dieser Gegend auf die Vegetation wohlthätig einwirkt. Zum Theil wird dieser Boden zu Weiden und Wiesen, häufig aber auch zum Getreidebau benutzt; ausser Dinkel und Gerste gedeiht auf ihm vorzüglich Hafer, der an Schwere der Körner den in tiefern Gegenden Würtembergs, in einem wärmeren Klima erzogenen allgemein übertrifft, obgleich seine Halme kürzer bleiben; von kleeartigen Futterpflanzen gedeiht auf diesem Boden vorzüglich gut Esparsette *(Hedysarum Onobrychis)*; in den Wäldern dieser Gegenden sind Laubholzarten vorherrschend, vorzüglich Buchen, gemischt mit Bergahornen *(Acer Pseudoplatanus)*, Weisslauben *(Crataegus Aria)* und Eschen."

Digitized by Google

lungen gebracht. Die Güte des Bodens hängt zum grossen Theil davon ab, ob in demselben die Menge des Thones oder des San-

---

Die angeführten Analysen liessen sich noch durch eine grosse Anzahl anderer vermehren; jedoch haben diese theils nur locales Interesse, theils sind sie nicht mit der Genauigkeit und Umsicht ausgeführt, welche der jetzige Standpunkt der Wissenschaft gestattet und fordert. Sprengel allein theilt mehrere Hundert Bodenanalysen aus den verschiedensten Gegenden in seiner *Bodenkunde* (Die Bodenkunde oder die Lehre vom Boden, nebst einer vollständigen Anleitung zur chemischen Analyse der Ackererden und den Resultaten von 180 chemisch untersuchten Bodenarten, von Carl Sprengel; zweite Aufl. Leipzig 1844. S. 477—587) mit, von denen wir hier nur einige wenige beispielsweise anführen wollen, um im Allgemeinen ein Bild der Methode zu geben, nach welcher Sprengel diese mannigfaltigen Untersuchungen ausgeführt hat.

Die Ackerkrume eines *lehmigen Sandbodens* der Diluvialformation, aus der Nähe von Braunschweig, bestand in 100,000 Gewichtstheilen aus:

Kieselerde und feinem Quarzsand . . .	94,724
Alaunerde	1,638
Eisenoxyd, Eisenoxydul und Manganoxyde	1,960
Kalkerde	1,028
Talkerde	Spuren
Kali und Natron	0,077
Phosphorsäure	0,024
Schwefelsäure, mit Kalkerde verbunden .	0,010
Chlor, im Kochsalz	0,027
Humussäure	0,302
Humus	0,210.

Der *Untergrund* dieses Bodens bestand bis zu der Tiefe von 3 Fuss in 100,000 Gewichtstheilen aus:

Kieselerde und Quarzsand .	97,340
Alaunerde	0,806
Eisenoxyd und Eisenoxydul	1,126
Manganoxyde	0,075
Kalkerde	0,296
Talkerde	0,095
Kali und Natron	0,112
Phosphorsäure	0,015
Schwefelsäure	Spuren
Chlor	desgl.
Humussäure	0,135.

„Dieser sandige Boden trägt sehr schöne Luzerne und Esparsette; überhaupt alle Pflanzen gut, welche mit ihren Wurzeln tief in den Boden dringen, so Lupinen, Hanf, Topinambur, Mohn, Pastinaken, Cichorien, Runkeln u. s. w. Der Gips befördert ganz ausserordentlich das Wachsthum der Wicken, der Luzerne, des Klees, der Erbsen und Bohnen, was genügend dadurch erklärt wird, dass der feuchte Untergrund nur Spuren dieses Körpers enthält, dagegen aber Talkerde besitzt, welche der Ackerkrume fehlt."

Die Ackerkrume eines andern *lehmigen Sandbodens* der Diluvialformation aus der Gegend von Braunschweig:

Kieselerde und grober Quarzsand . .	95,843
Alaunerde	0,600
Eisenoxyd und Eisenoxydul	1,800
Manganoxyde	Spuren
Kalkerde, mit Kieselerde verbunden . .	0,038
Talkerde, desgl.	0,006

Digitized by Google

des vorherrscht, und es ist deswegen hauptsächlich nöthig, die Verhältnisse zwischen dem Sand, Thon und Humus in's Auge zu

---

Kali und Natron	0,005
Phosphorsäure, mit Eisenoxyd verbunden	0,198
Schwefelsäure	0,002
Chlor	0,006
Humussäure	1,000
Humus	0,502.

Der *Untergrund* dieses Bodens bis zu einer Tiefe von 2 Fuss bestand aus:

Kieselerde und grobem Quarzsand	95,180
Alaunerde	1,600
Eisenoxyd und Eisenoxydul	2,200
Manganoxyde	Spuren
Kalkerde, mit Kieselerde verbunden	0,435
Talkerde, desgl.	0,160
Kali und Natron	0,004
Phosphorsäure, mit Eisenoxyd verbunden	0,400
Schwefelsäure	Spuren
Chlor	0,001.

„Der Boden zeichnet sich durch grosse Unfruchtbarkeit aus und trägt nicht einmal weissen Klee, auch wenn derselbe ausgesäet wird; der Mangel an Kalk, Talk, Kali, Kochsalz, Mangan und Gips ist ohne Zweifel der Grund hiervon, denn nach einer Düngung mit Mergel, welcher viel von diesen Körpern enthält, bringt er augenblicklich bessere Früchte und dann auch sehr schönen weissen Klee hervor. — Er leidet seines ziemlich undurchlassenden Untergrundes wegen niemals an Dürre."

Die Ackerkrume eines *feinkörnigen Lehmbodens* der Alluvialformation aus der Gegend von Schöningen (Braunschweig); ausgezeichnet dadurch, dass er in der Regel Getreide hervorbringt, welches mit Rost befällt:

Kieselerde und Quarzsand	93,870
Alaunerde	1,248
Eisenoxyd und Eisenoxydul	1,418
Manganoxyde	0,360
Kalkerde, grösstentheils mit Kohlensäure verbunden	0,546
Talkerde, desgl.	0,560
Kali, grösstentheils mit Kieselerde verbunden	0,050
Natron, desgl.	0,040
Phosphorsäure, mit Eisenoxyd verbunden	0,246
Schwefelsäure, mit Kalkerde verbunden	0,027
Kohlensäure, mit Kalk- und Talkerde verbunden	1,145
Humussäure, mit Erden und Oxyden verbunden	0,400
Humus	0,090.

„Da dieser Boden sehr viel, nämlich $\frac{1}{2}$ Proc., phosphorsaures Eisen enthält, und übrigens keinen andern Körper in so grosser Menge besitzt, dass die Pflanzen davon Schaden nehmen könnten, so dürfen wir um so mehr annehmen, dass hier das Eisensalz die Ursache des Befallens ist, als auch alle übrigen von mir untersuchten Bodenarten, auf welchen das Getreide leicht befällt, sehr viel phosphorsaures Eisen enthalten."

Die *Ackerkrume eines Heidebodens* aus der Nähe von Braunschweig; ausgezeichnet dadurch, dass er bei der Verwandlung in Ackerland nicht eher gute Früchte trägt, als bis er entweder mit Kalk, Mergel und Mist, oder mit seiner eignen Asche gedüngt worden ist:

Kieselerde und grober Quarzsand	71,504
Alaunerde	0,780

Digitized by Google

fassen [57]), ohne jedoch dabei das Vorhandensein oder die Abwesenheit gewisser Salze von Alkalien und Erden ausser Acht zu lassen, deren Gegenwart in grösserer oder geringerer Menge das üppige Gedeihen oder das Verkümmern vieler Culturpflanzen veranlasst.

Eisenoxyd und viel Eisenoxydul, grösstentheils mit Humussäure verbunden	0,420
Manganoxydul, desgl.	0,220
Kalkerde, desgl.	0,134
Talkerde, desgl.	0,032
Kali u. Natron, grösstentheils mit Kieselerde verbunden	0,058
Phosphorsäure, grösstentheils mit Eisenoxyd verbunden	0,115
Schwefelsäure, mit Kalkerde zu Gips verbunden	0,018
Chlor, im Kochsalz	0,014
Humussäure	9,820
Humuskohle und einige Pflanzenreste	14,975
Wachsharz	1,910.

Die *Asche der Heideerde* bestand dagegen aus:

Kieselerde und Quarzsand	92,641
Alaunerde	1,352
Eisen- und Manganoxyd	2,324
Kalkerde, mit Schwefelsäure u. Phosphorsäure verb.	0,929
Talkerde, mit Schwefelsäure verbunden	0,564
Kali und Natron, grösstentheils mit Schwefel und Phosphorsäure verbunden	0,564
Phosphorsäure, mit Kalkerde verbunden	0,250
Schwefelsäure, mit Kali, Natron u. Kalk verbunden	1,620
Chlor, im Kochsalz	0,037.

„Der Boden reagirt sehr sauer, da er viel Humussäure ausser derjenigen enthält, die mit Basen chemisch verbunden ist. Er reagirt auch noch nach dem Rasenbrennen, oder nach der Düngung mit vieler Heideasche, sehr sauer, indem die freie Alaunerde, das Eisen- und Manganoxyd derselben nicht im Stande sind, die viele Humussäure zu sättigen; dessenungeachtet bringt er nach der Düngung mit Asche sogleich sehr schöne Früchte hervor. — Diese Thatsache stösst die bisherige Ansicht um, dass ein Heideboden wegen der Säure und des kohlenartigen Humus unfruchtbar sei; denn auch der letztere erleidet durch die Düngung mit Heideasche keine schnelle Zersetzung. Richtiger dürfte es dagegen sein, wenn wir annehmen, dass der Boden dadurch fruchtbar wird, dass er durch die Asche der Heideerde, sowie durch die Asche des darauf wachsenden Heidekrautes die ihm fehlenden mineralischen Körper erhält." — Man vergleiche ferner den Abschnitt dieses Werkes „*Wechselwirthschaft.*"

[57]) Boussingault a. a. O. S. 380. „Die Beschaffenheit oder, wenn man will, die Güte des Bodens hängt hauptsächlich von dem Bestandtheile ab, welcher in dem Gemenge von Thon und Sand vorherrscht; zwischen diesen beiden, der Vegetation gleichmässig ungünstigen Extremen, dem reinen Sand- oder dem reinen Thonboden, liegen alle Verschiedenheiten und alle Zwischenstufen der Güte, doch nur selten sind die culturfähigen Bodenarten lediglich aus Sand oder Thon gebildet. Ausser einigen Salzen, die man häufig, wenn auch in geringer Menge, im Boden findet, begegnet man auch organischen Stoffen, die man gewöhnlich mit dem bedeutungslosen Namen Humus bezeichnet. Obwohl nun eine den Humus entbehrende Erde dadurch in Cultur gesetzt werden kann, dass man ihr den nöthigen Dünger zuführt, und man also den Humus nicht als unentbehrlich betrachten darf, so ist dennoch dieser Körper ein gewöhnlicher Bestandtheil der Bodenarten."

Digitized by Google

Man hat die Ackererden eingetheilt in Classen, Ordnungen, Gattungen, Varietäten und Untervarietäten nach ihrer Lage, nach ihrem Verhalten gegen die Feuchtigkeit, ihrer Temperatur, Zertheilung (Pulverung), nach ihrem Verhalten bei der Bearbeitung, nach dem Grade ihrer Fruchtbarkeit, nach ihrem Verhalten gegen den Dünger, nach den ihnen zusagenden Früchten, nach den wilden, auf ihnen wachsenden Pflanzen, nach ihrer mechanischen Mischung und endlich und hauptsächlich nach den darin vorwaltenden chemischen Bestandtheilen [58]). Thaer und Einhof [59]) haben nament-

---

[58]) Sprengel a. a. O. S. 126–254.

[59]) Thaer und Einhof (vgl. Schübler's Bemerk. zu Chaptal's *Agriculturchemie*, Bd. II. S. 331 u. ff.) haben 8 verschiedene Classen von Bodenarten aufgestellt, nämlich: Thonboden, Lehmboden, sandigen Lehmboden, lehmigen Sandboden, Sandboden, Mergelboden, Kalkboden und Humusboden; die Ordnungen sind bei dem Thon- und Sandboden auf ihren Kalkgehalt oder Kalkmangel basirt, bei dem Mergel- und Kalkboden auf ihren Gehalt an Sand und Thon, während die Arten meistens sich nach dem grösseren oder geringeren Gehalte an Humus richten u. s. w. — Boussingault (*Landwirthsch.* Bd. I. S. 411 u. ff.) giebt folgende Uebersicht der von Thaer mitgetheilten Resultate: „Ein sogenannter Thonboden enthält gewöhnlich 40 Proc. Sand; ist der Sand in einem geringeren Verhältnisse darin enthalten, so werden die Ernten schon sehr zufällig, und der Boden erlangt eine solche Zähigkeit, dass er bei seiner Bearbeitung einen grossen Kraftaufwand erfordert. Ein solcher Thonboden, wenn er eine hinreichende Menge Humus enthält und gehörig verbessert wird, kann als ein recht guter Weizenboden betrachtet werden; wenn der Sandgehalt bis auf 30 Proc. fällt, so gedeiht Gerste besser als Weizen; mit noch weniger Sand hat man einen sich für Hafer eignenden Boden. Der Anbau von Weizen ist noch in einem Boden möglich, der 40 bis 50 Proc. Sand enthält; über diese Gränze hinaus, in Bodenarten, welche 50 bis 60 Proc. Sand enthalten, ist es vortheilhafter, Gerste anzubauen. Dieser Boden zerfällt durch die wiederholten Bearbeitungen nicht in Pulver, wie es bei denen der Fall ist, welche reicher an Quarzbestandtheilen sind; zur Zeit der Dürre erhärtet er nicht, wie Boden, in welchem der Thon vorherrschend ist, weil er noch Feuchtigkeit genug zurückhält; er eignet sich gleich gut zu Klee, Knollengewächsen und solchen Gewächsen, die Pfahlwurzeln treiben, sowie auch zu mehreren Handelspflanzen, wie Tabak, Rübsamen, Lein u. s. w.; er ist fast immer zugänglich, ein Umstand, welcher den ihm anvertrauten Culturen die grösste Sorgfalt zuzuwenden gestattet. — In den Bodenarten, welche beim Schlämmen 60 bis 80 Proc. Sand geben, ist das Gedeihen des Weizens nicht mehr gesichert; bei 70 Proc. Sand hört er für den Anbau dieser Halmfrucht, wenigstens ohne die grössten Vorsichtsmaassregeln, auf geeignet zu sein; aber er sagt noch der Gerste zu, und vorzugsweise sind in einem solchen Terrain Roggenernten vom grössten Erfolge. Ein Boden mit einem solchen Gehalte an Sand kann stets leicht bearbeitet werden, dagegen wird er auch leichter von Unkraut überzogen, als ein entschiedener Thonboden, der Dünger wird darin aus den schon angeführten Gründen schnell zersetzt, und man muss daher solchen Boden oft, aber mit kleineren Mengen düngen. — Ein Terrain mit 75 Proc. Sand qualificirt sich nach Thaer für Hafer; man hält es noch bei einem Gehalte von 85 Proc. hierzu für geeignet; über diese Gränze hinaus soll man nur Roggen oder Buchweizen darin bauen, nachdem er eine angemessene Menge Dünger erhalten hat. Die wiederholten Bearbeitungen, welche man

Digitized by Google

lich nach einer grossen Menge mechanischer Analysen von Ackererden, also nach der Erforschung der quantitativen Verhältnisse

---

diesem Sandboden, um das Unkraut, welches sich in grosser Menge darauf entwickelt, zu vertilgen, angedeihen lassen muss, können ihn in einem solchen Grade locker machen, dass selbst Roggen nicht mehr darauf gedeiht, und das beste Mittel, um ihn zu befestigen, ist alsdann, dass man ihm Ruhe giebt, indem man ihn zur Wiese macht. — Es ist schwer, wenigstens in unserm Klima, irgend einigen Vortheil aus einem Boden zu ziehen, welcher 90 Proc. Sand enthält; dies ist in trockener Zeit ein wahrhaft bewegliches Terrain. Der Kalk kann im Boden die Stelle des Sandes einnehmen; gleich ihm vermag er den so innigen Zusammenhang zwischen den Thontheilchen zu lockern, doch scheint es, als ob der Kalk, besonders wenn er sich im Zustande feiner Zertheilung befindet, ausserdem noch wesentlich zur Verbesserung der Getreideländereien beitrage."

Ueber die Classification der Bodenarten heist es ferner in Loudon: *Encyclopädie der Landwirthschaft;* deutsche Ausg. Bd. I. S. 430 u. ff.: „Eine richtige Classification der Bodenarten lässt sich auf die Anwesenheit und Abwesenheit organischer und unorganischer Substanz in ihrer Basis gründen. Dies giebt 2 grosse Classen, nämlich *primitive* Bodenarten oder solche, die gänzlich aus unorganischer Substanz bestehen, und *secundäre* Bodenarten oder solche, die aus einer Mischung von (ehemals) organischer und unorganischer Substanz bestehen. Diese Classen können in Ordnungen zertheilt werden, die sich auf die Anwesenheit oder die Abwesenheit von Salz-, Metall- und Kohlensubstanz gründen. Die Ordnungen können wieder in Gattungen zerfallen, die auf die vorherrschenden Erden, Salze, Metalle oder Kohlenstoff gegründet sind. Die Gattungen werden in Arten unterabgetheilt, die sich auf die verschiedenen Mischungen gründen; die Arten in Varietäten, gegründet auf Farbe und Textur; die Varietäten in Subvarietäten, je nach Feuchtigkeit, Trockenheit, Fettigkeit, Leichtigkeit u. s. w. — Die folgende Tabelle entspricht der Benennungsart, welche in den landwirthschaftlichen Anstalten Fellenberg's zu Hofwyl, Thaer's zu Mögelin in Preussen und Thouin's in Paris bei ihren Vorlesungen eingeführt ist. Es ist deshalb äusserst wünschenswerth, dass sie ebenso allgemeine Annahme wie das Linné'sche System finde. Das Princip dieser Tabelle ist einer solchen Ausdehnung fähig, dass man jeden nur vorkommenden Boden mit zu begreifen im Stande ist."

Classe.	Ordnung.	Gattung.	Art.	Varietät.	Untervarietät.
Primitiver Boden	Erden allein	Thon ..	ganz ..	schwarz	feucht trocken fett dürftig unfruchtbar
				roth	feucht,trocken etc.
				gelb	— —
				grob	— —
				fein	— —
		Kalk ..	ganz ..	schwarz,roth,gelb, grob, fein etc.	feucht, trocken, fett etc.
		Sand ..	ganz ..	schwarz,roth,gelb, grob, fein etc.	feucht,trocken etc.

Digitized by Google

von Thon, Sand, Kalk und Humus, eine Eintheilung der Bodenarten vorgeschlagen, die wegen ihrer praktischen Brauchbarkeit, mit

Classe.	Ordnung.	Gattung.	Art.	Varietät.	Untervarietät.
Primitiver Boden	Erden und Salze od. Metalle	Thon	eisenhaltig	schwarz, roth, gelb, grob, fein etc.	feucht, trocken etc.
			kupferhaltig	schwarz, roth etc.	—
		Kalk	salzig	—	—
			eisenhaltig	—	—
			kupferhaltig	—	—
			salzig	—	—
		Sand	eisenhaltig	—	—
			kupferhaltig	—	—
			salzig	—	—
Secundärer Boden	Erden und organ. Überbleibsel allein	Thon	lehmig	—	—
			torfhaltig	—	feucht
			dammerdehaltig . . .	schwarz	—
			kalkig	—	—
			sandig	—	—
			thonig	schwarz, roth etc.	feucht, trocken etc.
		Kalk	lehmig	schwarz	feucht
			sandig	—	—
			torfhaltig	—	—
			dammerdehaltig . . .	—	—
		Sand	thonig	—	—
			lehmig	—	—
			kalkig	—	—
			torfhaltig	—	—
			dammerdehaltig . . .	—	—
	Erden mit organ. Überbleibseln, Metallen, Salzen u. Gebirgsarten	Thon	eisenhaltig, lehmig etc.	—	—
			desgl., sandig etc.	—	—
			desgl., kalkig etc.	—	—
			desgl., torfhaltig etc.	—	—
			desgl., dammerdehaltig etc. . . .	—	—
			kupferh., lehmig etc.	—	—
			salzig, lehmig etc. .	—	—
			aschenh., lehmig etc.	—	—
		Kalk	eisenhaltig, lehmig etc.	—	—
			desgl., sandig etc.	—	—
			kupferh., lehmig etc.	—	—
			desgl., sandig etc.	—	—
			salzig, lehmig etc. . .	—	—
			desgl., kalkig etc.	—	—
			aschenh., lehmig etc.	—	—
			desgl., kalkig etc.	—	—

Digitized by Google

unbedeutenden Abänderungen (Schwerz z. B.)[60]), von fast allen landwirthschaftlichen Schriftstellern noch jetzt angenommen und befolgt

Classe.	Ordnung.	Gattung.	Art.	Varietät.	Untervarietät.
Secundärer Boden	Erden mit organ. Überbleibseln, Metallen, Salzen u. Gebirgsarten	Sand	eisenhaltig, lehmig etc.	schwarz	feucht
			desgl., kalkig etc.	—	—
			kupferh., lehmig etc.	—	—
			desgl., kalkig etc.	—	—
			salzig, lehmig etc. . .	—	—
			desgl., kalkig etc.	—	—
			aschenh., lehmig etc.	—	—
			desgl., kalkig etc.	—	—
		Granit	eisenhaltig etc. . . .	schwarz, roth etc.	feucht, trocken etc.
			quarzig etc.	schwarz	feucht
		Basalt	eisenhaltig etc. . . .	schwarz, roth etc.	feucht, trocken etc.
			säulenförmig etc. . .	schwarz	feucht
			Trapp etc.	—	—
		Schiefer	eisenhaltig etc. . . .	schwarz, roth etc.	feucht etc.
			glimmerhaltig etc. . .	schwarz	—
			Chlorit etc.	—	—
		Sandstein	eisenhaltig etc. . . .	schwarz etc.	feucht etc.
			kalkerdehaltig etc. .	—	—
			thonerdehaltig etc. .	—	—
			kupferhaltig etc. . . .	—	—
		Kalkstein	kreidehaltig etc. . .	schwarz, roth etc.	feucht, trocken etc.
			Marmor etc.	schwarz	feucht
			muschelhaltig etc. . .	—	—
			kalkerdehaltig etc. .	—	—
			schwefelhaltig etc. .	—	—
			eisenhaltig etc. . . .	—	—
			kupferhaltig etc. . . .	—	—
			thonhaltig etc.	—	—
			kieselerdehaltig etc. .	—	—
		Steinkohle	schiefrig	schwarz, roth etc.	feucht, trocken etc.
			kiesig	schwarz	feucht
			steinig	—	—
			holzig	—	—

[60]) Boussingault a. a. O. S. 413 u. 414. „Schwerz *(Anleitung zum praktischen Ackerbau*, Bd. I. S. 31) hat die Ansichten Thaer's über den Werth der verschiedenen Bodenarten unter einem ausnehmend praktischen Gesichtspunkte zusammengefasst. Nimmt man mit diesem berühmten Landwirthe an, dass man den Boden nach seinen Erzeugnissen beurtheilen müsse, so kann die Cultur der Halmfrüchte, indem man Weizen und Roggen als äusserste Glieder nimmt, zum Maassstab dienen; der erste nämlich gedeiht noch in einem schlechten Thonboden; der zweite vegetirt aber noch in dem mittelmässigsten Sandboden.

Digitized by Google

wird. Wahrhaft genügende und umfassende Classificationsversuche können jedoch erst dann mit Erfolg zum Nutzen der landwirthschaftlichen Praxis aufgestellt werden, wenn eine grosse Anzahl von Bodenarten von Neuem mit allen der Wissenschaft gegenwärtig zu Gebote stehenden Mitteln nicht allein hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung, nicht allein mit Rücksicht auf ihre physikalischen Eigenschaften und auf die geognostischen, klimatischen und meteorologischen Verhältnisse ihrer Lagerung, sondern auch in Zusammenhang mit den auf ihnen wachsenden wilden sowohl als cultivirten Pflanzen, insofern diese gewisse Bestandtheile dem Boden entnehmen, untersucht worden sind, mit einem Worte, erst dann, wenn die Agriculturchemie sich eine grössere Anzahl von eifrigen und einsichtsvollen Anhängern erworben hat, die nicht blos die todten Körper in ihre Elemente zu zerlegen verstehen, sondern auch mit praktischem wie mit theoretischem Auge die wichtigen Fragen, welche die Pflanzenphysiologie wie die Landwirthschaft an die Chemiker richten, zu fassen und zu lösen, oder wenigstens ihrer Lösung entgegenzuführen im Stande sind.

III. Physikalische Eigenschaften der Ackererde.

Nicht durch die Gegenwart oder den Mangel gewisser Gemengtheile allein, so wichtig dieselbe auch zum üppigern Gedeihen der erzielten Pflanzen sein mag, wird die Fruchtbarkeit oder Unfrucht-

---

In Wahrheit kommen auf diesen Gränzen der Cultur Weizen und Roggen schlecht fort, aber zwischen diesen Extremen finden sich alle Bodenvarietäten, welche aus der Vereinigung der schwersten und zähesten Erdarten mit den leichtesten, vom zähesten Thone bis zum beweglichen Sande, hervorgehen. In diesen gemischten Bodenarten von vermittelnden Eigenschaften schreiten der Weizen und der Roggen, der eine gegen den andern allmählig vor, Gerste, Hafer und Buchweizen in sich aufnehmend, bis sie sich in der Mitte der Scale, auf einem neutralen Boden, der die Cultur aller Halmfrüchte gestattet, begegnen." Schwerz bildet seine Scale auf folgende Weise:

0. Wehsand,	0. Töpferthon,
1. Roggenboden,	1. Weizenboden,
2. Roggen- u. Buchweizenboden,	2. Weizen- und Haferboden,
3. Roggen-, Buchweizen- und Haferboden,	3. Weizen-, Hafer- u. Kleingersteboden,
4. Roggen-, Hafer- und Kleingersteboden,	4. Weizen- und Grossgersteboden,
5. Roggen-, Weizen-, Gerste- u. Haferboden.	

Die Bodengattungen, welche diesen verschiedenen Culturen zusagen, sind:

1. leichter, trockner Sand,	1. kalter, zäher Thon,
2. loser, sehr wenig thoniger Sand,	2. mässig feuchter Thon,
3. thonhaltiger Sand,	3. wärmer, trockner Thon,
4. sandiger Thon,	4. reicher Thon,
5. Lehm.	

Digitized by Google

barkeit eines Ackerlandes bedingt, sondern, wie schon mehrfach angedeutet worden ist, namentlich die physikalischen Verhältnisse und Eigenschaften sind es, die bald begünstigend, bald hemmend auf den Pflanzenwuchs wirken. Diese Eigenschaften der Bodenarten, wie das Absorptionsvermögen, die zurückhaltende Kraft von Feuchtigkeit, Wärme und Sauerstoff, das specifische Gewicht, die Farbe, Consistenz, das Leitungsvermögen der Elektricität u. s. w., sind allerdings grossentheils abhängig von der chemischen Beschaffenheit und den gegenseitigen Mengenverhältnissen ihrer Bestandtheile, welche im vorigen Capitel Erwähnung gefunden haben; oftmals jedoch ist die Form der Gemengtheile für die Güte des Bodens von grösserer Bedeutung als deren Mischungsverhältniss, und in jedem Falle verdienen diese physikalischen Eigenschaften des Bodens — welche der Landmann, gewöhnlich ohne sich des Grundes recht bewusst zu sein, und nur durch seine praktischen Erfahrungen geleitet, für seine Zwecke zu benutzen, durch chemische und mechanische Mittel zu verändern und hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zu verbessern strebt — eine aufmerksame und sorgfältige Beachtung. Man wurde erst spät in dem Maasse, wie es die Wichtigkeit des Gegenstandes erfordert, aufmerksam auf diesen Theil der rationellen Landwirthschaft und der Pflanzenphysiologie, und einzelne Versuche von Leslie [61]), Davy [62]) u. A. über das Vermögen der

---

[61]) *Ueber das Vermögen verschiedener Erden und Steine, die Feuchtigkeit der Luft zu absorbiren*, von John Leslie (Nicholson's Journ. of nat. philos. Vol. IV. p. 196), Gilb. Ann. XII. 114—122. 1803. Die Erden wurden bei 100 bis 300° C. getrocknet und darauf der Luft ausgesetzt; das Hygrometer zeigte dann in wenigen Minuten den höchsten Grad der Trockniss an:

Quaderstein	37°
Feiner Seesand	40
Marmor	47
Gemeiner Thon	68
Seit Kurzem cultivirter Sand	72
Sandiger Schiefer	75
Schlammerde	77
Verwitterter Whinstone	78
Garten- und Dammerde	80.

„Die cultivirten Erden besitzen den höchsten Grad von Absorptionsvermögen. Gartenerde steht auf der Scale oben an, und sogar der Seesand, der nur eine Trockniss von 40° verursacht, wird durch eine Bearbeitung von einigen Jahren in Stand gesetzt, eine Trockniss von 72° hervorzubringen. Die Düngung bewirkt dies nicht; denn die einfachste Wirkung dieses Materials steht der der meisten Erden nach. Höchst wahrscheinlich hängt die Fruchtbarkeit des Bodens hauptsächlich von seiner grössern Fähigkeit ab, Feuchtigkeit in sich zu saugen. Die verschiedenen Düngerarten dienen vielleicht blos als Reizmittel, den Kohlenstoff erhalten die Pflanzen aus der Atmosphäre, und die Erde gewährt den Fasern der Wurzeln Spielraum und versieht sie mit Wasser. — Das Brennen und Durchglühen scheint die Anziehungskraft der erdigen Stoffe zur Feuchtigkeit sehr zu vermindern. Es ist augenscheinlich, dass die absorbirende Kraft der Erden sich ebenso sehr nach ihrer physischen Beschaffenheit als nach ihren Bestandtheilen richtet,

Digitized by Google

Erden, die Feuchtigkeit der Luft zu absorbiren, sowie die Beobachtungen Humboldt's [63]) über die von Mehreren anfangs bestrittene Absorption des Sauerstoffs durch die Erden, ausgenommen, sind wenige Untersuchungen bekannt geworden, bevor Schübler im Jahre 1817 seine ausführlichen und vortrefflich ausgeführten Forschungen über die physikalischen Eigenschaften der einfachen Erden wie deren Mischungen bekannt machte. Die Genauigkeit, die Eleganz und Vollständigkeit dieser Versuche hat, merkwürdig genug, eine so allgemeine Anerkennung gefunden, dass sie seitdem in unzählige landwirthschaftliche und chemische Zeitschriften und Werke unverändert übergegangen sind, ohne dass jemals, sehr wenige Fälle ausgenommen, irgend ein Naturforscher Veranlassung gefunden oder genommen hätte, die von Schübler mitgetheilten Resultate zu prüfen, in dieser von jenem Physiker so glänzend betretenen Richtung weitere Forschungen anzustellen und so in Verbindung mit genauen chemischen Untersuchungen von Bodenarten und Pflanzen zum Nutzen der praktischen Landwirthschaft wie der Pflanzenphysiologie immer mehr Thatsachen und Erfahrungen zu liefern, durch welche wichtige wissenschaftliche Fragen allein ihre Lösung finden können.

Schübler unternahm zunächst genaue Bestimmungen des *specifischen Gewichtes* [64]) verschiedener einfacher Erden, wie auch

---

Das, wodurch sie härter werden, vermindert, und was sie mürbe macht, vermehrt ihre Wirkung. Hierin liegt der Grund, warum das Feuer die einsaugende Kraft schwächt, dagegen der Process der Verwitterung in der Natur dies Vermögen sehr erhöht."

[62]) Davy, *Agriculturchemie*, S. 205 u. ff.

[63]) Humboldt, s. unten.

[64]) Schübler: *Ueber die physischen Eigenschaften der Erden* (aus dem 5. Hefte der landwirthschaftl. Blätter von Hofwyl, herausgegeben von v. Fellenberg; Aarau 1817. S. 5—98), in Schweigg. Journ. XXI. S. 189 u. ff., im Auszuge mitgetheilt von Dr. Rau; von Schübler selbst ferner in den Anmerkungen zu der deutsch. Uebers. von Chaptal's *Agriculturchemie*, Bd. II. S. 334 ff. kurz erwähnt; und weitere Untersuchungen in Schweigg. Journ. XXXVII. 43 u. ff. und Schübler's *Agriculturchemie*, Bd. II. S. 57—94. Die von Schübler mitgetheilten Zahlen sind von Boussingault (*Landwirthsch.* Bd. I. S. 397—410) auf französisches Gewicht und Maass berechnet worden; der grössern Einfachheit und Klarheit wegen werden wir hier diese Berechnungen statt der Schübler'schen Angaben nach Pfunden, Granen, Zollen u. s. w. aufführen. — Die von Schübler hinsichtlich ihrer physikalischen Eigenschaften untersuchten Mineralsubstanzen und Bodenarten waren folgende:

1. *Quarzsand*, findet sich beinahe in jeder Ackererde;
2. *Kalksand*, findet sich nicht selten zugleich mit dem Quarzsand;
3. *Lettenartiger Thon*, eine Verbindung von 40 Proc. feinen Sands mit 60 Proc. Thon;
4. *Lehmartiger Thon*, eine Verbindung von 24 Proc. feinen Sands mit 76 Proc. Thon;
5. *Klayartiger Thon*, eine Verbindung von 11 Proc. feinen Sands mit 89 Proc. Thon;

Digitized by Google

künstlicher und natürlicher Erdmengungen, aus denen sich die Resultate ergaben: 1) dass der Sand im trocknen wie im feuchten Zustande den schwersten Theil der Ackererde ausmacht; 2) dass

---

6. *Thon*, in seinem feinen, von Sand gereinigten Zustand bestehend aus 58 Proc. Kieselerde, 36,2 Thonerde und 5,8 Eisenoxyd;
7. *Kalkerde*, in ihrem feinen kohlensauren Zustande, findet sich nicht selten in der Ackererde;
8. *Humus-* oder *Dammerde*, ein wesentlicher Bestandtheil einer fruchtbaren Erde;
9. *Bitter-* oder *Talkerde*, im feinen kohlensauren Zustand selten in der Ackererde (die Versuche Schübler's mit der kohlensauren Magnesia übergeht Boussingault a. a. O., weil er vermuthet, dass der Verfasser mit *Magnesia alba* experimentirt habe, welche jedoch keineswegs der kohlensauren Magnesia entspricht, welche sich in gewissen Bodenarten wirklich findet);
10. *Gipserde*, in ihrem feinen pulverförmigen Zustand, ungebrannt;
11. *Gartenerde*, bestehend aus 52,4 Proc. Thon, 36,5 Quarzsand, 1,8 Kalksand, 2 Proc. Kalkerde und 7,2 Humus;
12. *Ackererde* von einem der Felder von Hofwyl, bestehend aus 51,1 Thon, 42,7 Quarzsand, 0,4 Kalksand, 2,3 Kalkerde und 3,4 Humus;
13. *Ackererde* von einem Thale des Jura, bestehend aus 64 Proc. Quarzsand, 33,3 Thon, 1,2 Kalksand, 1,2 Kalkerde und 1,2 Proc. Humus.

Die Versuche über das specifische Gewicht der Erden führten zu den folgenden Resultaten, wobei zu bemerken ist, dass diese Zahlen das mittlere specifische Gewicht der einzelnen Theile des Pulvers ausdrücken, welches man dem Versuche unterworfen hatte; aus dieser Dichtigkeit darf man jedoch das Gewicht irgend eines Volumens Erde, z. B. eines Cubikmeters, nicht ableiten wollen, denn man würde zu einer viel zu grossen Zahl gelangen. Das Gewicht eines gegebenen Volumens Erde muss direct bestimmt werden, indem man sie in ein Maass von bekanntem Gehalt schüttet. Schübler hat mit trockner und befeuchteter Erde Versuche angestellt; die Substanzen wurden in einer Wärmestube bei 40° bis 50° C. getrocknet; die befeuchteten hatten so viel Wasser aufgenommen, wie sie an sich behielten, wenn sie auf ein Filter gebracht wurden.

Erdarten.	Specifisches Gewicht. Wasser = 1.	Gewicht eines Liters der zusammengedrückten Erde	
		trocken.	feucht.
		Kilogr.	Kilogr.
Quarzsand	2,753	2,044	2,494
Kalksand	2,822	2,085	2,605
Lettenartiger Sand	2,701	1,799	2,386
Lehmartiger Thon	2,652	1,621	2,194
Klayartiger Thon	2,603	—	—
Thon	2,591	1,376	2,126
Kalkerde	2,468	1,006	1,728
Humus	1,225	0,632	1,428
Talkerde	2,232	—	—
Gips	2,358	1,676	2,350
Gartenerde	2,332	1,499	1,744
Ackererde von Hofwyl	2,401	1,537	2,180
Ackererde vom Jura	2,526	1,731	2,126.

Digitized by Google

Kalk- und Quarzsand hierin wenig von einander unterschieden sind, obgleich ersterer noch etwas schwerer ist; 3) dass die Thonarten um so leichter sind, je weniger sie Sand enthalten; 4) dass unter den gewöhnlichen Bestandtheilen die pulverförmige Kalkerde dem Humus am nächsten kommt, und dass dieser 5) das geringste specifische Gewicht hat; 6) dass die Talkerde zwar ein grösseres specifisches Gewicht als Humus hat, aber wegen ihrer grossen Lockerheit in einem bestimmten Volumen bedeutend weniger wiegt, worin Schübler eine der Ursachen ihres nachtheiligen Einflusses auf den Pflanzenwuchs vermuthet; 7) dass, wenn das specifische Gewicht eines Bodens bekannt ist, daraus sich auf seine Bestandtheile schliessen lässt, und endlich 8) dass die gewöhnliche Benennung eines schweren und leichten Bodens sich nicht auf das Gewicht bezieht. Schübler machte bei Gelegenheit dieser Bestimmungen ferner die merkwürdige Erfahrung, welche weiter verfolgt zu werden verdient, nämlich dass das Gewicht einer künstlichen Erdmengung nicht das arithmetische Mittel des Gewichtes der Bestandtheile, sondern immer merklich grösser als dieses ist [65]).

Aus den Versuchen [66]) über die, für die Ergiebigkeit des Bodens besonders wichtige, *wasserhaltende Kraft* folgt, dass Quarzsand die geringste wasserhaltende Kraft hat, Kalksand bei gleicher Grösse der Körner etwas mehr, Thonarten desto mehr, je reicher sie an Thon sind, dass ferner bei der kohlensauren Kalkerde die Form, ob sie fein gepulvert, oder als Sand körnig ist, einen grossen Unterschied bedingt, dass Humus, besonders aber die Talkerde, alle andern Bestandtheile der Ackererde hinsichtlich des Ab-

---

[65]) Schweigg. Journ. a. a. O. S. 195.

Erdarten.	Gew. von 5,7 Würfelzoll.	Arithmetisches Mittel.	Gewichtsvermehrung.
Gewöhnlicher Flussand Klayartiger, gelblicher Thon Blauer Thonmergel	2840 Gran. 2020 Gran. 1790 Gran.		
	Gr.		Gr.
Gleiche Theile Thon u. Sand dem Gewichte nach	2545	2430	115
Gleiche Theile Thon u Sand dem Volumen nach	2685	2430	255
2 Theile Thon 1 Theil Sand dem Gewichte nach	2390	2293	97
1 Theil Sand 2 Theile Thon dem Volumen nach	2470	2293	177
2 Theile Sand 1 Theil Thon dem Gewichte nach	2740	2566	174
2 Theile Sand 1 Theil Thon dem Volumen nach	2825	2566	259
Gleiche Theile Thonmergel u. Sand dem Gewichte nach	2267	2315	48.

Digitized by Google

sorptionsvermögens übertrifft, da die letztere 4½ Mal ihr eignes Gewicht Wasser an sich zieht.

Die *Festigkeit* und *Consistenz* des Bodens machte Schübler gleichfalls zum Gegenstande zahlreicher Versuche[67]), die zu diesen Folgerungen führten: 1) die Benennung eines schweren

---

[66]) Die folgende Tafel giebt eine Uebersicht über die wasserhaltende Kraft der verschiedenen Erdarten:

Erdarten.	Von 100 Th. Erde absorbirtes Wasser dem		Ein Litre der befeuchteten Erde enthält	
	Gewichte nach.	Volumen nach.	Wasser.	Erde.
	Proc.	Proc.	Kilogr.	Kilogr.
Quarzsand	25	37,9	0,499	1,995
Kalksand	29	44,1	0,582	2,021
Lettenartiger Thon	40	51,4	0,682	1,654
Lehmartiger Thon	50	57,3	0,730	1,464
Klayartiger Thon	61	62 9	—	—
Thon	70	66,2	0,875	1,251
Kalkerde	85	66,1	0,808	0,950
Humus	190	69,2	0,935	0,493
Talkerde	456	76,1	1,377	0,302
Gips	27	38,2	0,501	1,855
Gartenerde	96	—	0,821	0,923
Ackererde von Hofwyl	52	—	0,745	1,435
Ackererde vom Jura	47	—	0,689	1,437.

[67]) Ueber die Festigkeit und Adhäsion der Erdarten giebt folgende Tafel Aufschluss:

Erdarten.	Festigkeit und Consistenz des Bodens			
	im trocknen Zustande		im feuchten Zustande; Anhängen an Ackerwerkzeuge; verticale Adhäsion für ein Quadratdecimeter von	
	die des Thons = 100 ges.	ausgedrückt nach Gew.	Eisen.	Holz.
		Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
Quarzsand	0,0	0,00	0,17	0,19
Kalksand	0,0	0,00	0,19	0,20
Lettenartiger Thon	57,3	6,36	0,35	0,40
Lehmartiger Thon	68,8	7,64	0,48	0,52
Klayartiger Thon	83,3	9,25	0,78	0,86
Thon	100,0	11,10	1,22	1,32
Kalkerde	5,0	0,55	0,65	0,71
Humus	8,7	0,97	0,40	0,42
Talkerde	11,5	—		
Gips	7,3	0,81	0,49	0,53
Gartenerde	7.6	0,84	0,29	0,34
Ackererde von Hofwyl	33,0	3,66	0,26	0,28
Ackererde vom Jura	22,0	2,44	0,24	0,27.

Digitized by Google

und leichten Bodens beruht auf den hier angeführten Eigenschaften. Ein Boden ist sehr leicht zu bearbeiten, dessen Festigkeit in trockenem Zustande nicht über 10 steigt; bei 40 ist er schon ziemlich schwer. In nassem Boden ist die Bearbeitung leicht bei einer Anhaftungskraft von 0,15 bis 0,30 Kilogr. an eine Fläche von 1 Quadratdecimeter, bedeutend schwer bei 0,70 Kilogr.; 2) Festigkeit und Consistenz stehen mit der wasserhaltenden Kraft nicht in geradem Verhältniss, wie der Humus und die feine Kalkerde beweisen; 3) leichte Bodenarten (Sand) gewinnen durch Feuchtigkeit bedeutend an Zusammenhang; in trockenem reinen Sande fehlt derselbe gänzlich; 4) die Anhaftung an Holz ist stärker als an Eisen, bei gleicher Fläche. Die Ursache hiervon mag in den zahlreicheren Berührungspunkten liegen, welche die kleinen Spalten und Risse des Holzes, auch des bearbeiteten, im Vergleich mit dem blanken Eisen, darbieten. Der Verf. fand die Anhaftung des Eichenholzes noch stärker als des Buchenholzes und verweist in Ansehung des Umstandes, dass die Cohäsion auf die Adhäsion den stärksten Einfluss äussere, auf Ruhland's Versuche[68]). Schübler dehnte diese Untersuchungen auch noch auf das Verhalten mehrerer Erdarten im feuchten Zustande bei dem Gefrieren derselben aus und suchte die durch das Gefrieren des in der Erde enthaltenen Wassers bewirkte Auflockerung dadurch zu messen, dass er gleiche Stücke der verschiedenen Erden im feuchten Zustande gefrieren und dann in einem warmen Zimmer langsam austrocknen liess. Die Cohäsion des lehmartigen Thons war dadurch von 68,8 bis 45,0, die der Hofwyler Erde von 330 bis 200 vermindert, und bei allen Erdarten auch mehr oder weniger beträchtlich. Diese Wirkung kann jedoch nicht von Dauer sein und muss bei neuer Bearbeitung des Feldes aufhören; daher der Vortheil des Herbstpflügens, der Nachtheil einer Frühlingsbeackerung des feuchten Landes.

Die *Fähigkeit, mehr oder weniger schnell auszutrocknen*, hat den nämlichen Einfluss auf die Vegetation als die wasserhaltende Kraft, da von ihr die Dauer des jedesmaligen Feuchtigkeitsgrades abhängt. Die Erdarten, welche das während des Winters aufgenommene Wasser langsam wieder fahren lassen, können im Frühjahr erst spät bearbeitet werden und veranlassen so oftmals verspätete Saatzeiten. Es war also wichtig, diese Eigenschaft der Bodenarten näher in's Auge zu fassen, und Schübler hat ebenfalls hier sich das Verdienst erworben, umfassende Untersuchungen über diesen Gegenstand anzustellen[69]), denen er die Bemerkung hinzufügt, dass die Benennung eines hitzigen und kalten,

---

[68]) Ruhland: *Versuche über die Adhäsion*; Schweigg. Journ. XI. 146 u. ff.

[69]) Die von Schübler angestellten Versuche über die Austrocknungsfähigkeit der Erdarten waren folgende:

Digitized by Google

trockenen oder nassen hauptsächlich auf der Eigenschaft beruht, das aufgenommene Wasser in verschiedener Zeit wieder abzugeben, und von der Anziehung zum Wasser sowohl als von der wärmeleitenden Kraft abhängt. Aus den Versuchen ersieht man, dass Sand und Gips den hitzigsten Boden bilden, dass Kalksand auch in dieser Rücksicht von pulverförmiger Kalkerde sich sehr verschieden verhält, dass reiner Humus nass und schwammig ist, dass aber Bittererde am längsten feucht bleibt und für sich einen sehr feuchten Boden ausmachen würde.

Durch das Austrocknen erleiden die Erdarten meistens eine *Volumensverminderung*, welche Risse und Sprünge im Boden veranlasst, wodurch die mehr oder weniger senkrechten Saugwurzeln zersprengt und entblösst werden. Die zur Erforschung dieser Eigenschaft angestellten Untersuchungen [70]) führten zu den folgenden Schlüssen: 1) Reiner Humus leidet die grösste Verminderung des Volumens, nämlich $\frac{1}{5}$ desselben. Daher findet man in

Erdarten.	Von 1000 Th. Wasser der Erde verdunsteten in 4 Stunden bei 18°,75 C.	Gleiche Quantitäten bedurften an Zeit, um bis auf denselben Grad auszutrocknen	
		Stund.	Min.
Quarzsand	88,4	4	4
Kalksand	75,9	4	44
Lettenartiger Thon .	52,0	6	55
Lehmartiger Thon .	45,7	7	52
Klayartiger Thon .	34,9	10	19
Thon	31,3	11	17
Kalkerde	28,0	12	51
Humus	20,5	17	33
Talkerde	10,8	33	20
Gips	71,7	5	1
Gartenerde	24,5	14	49
Ackererde v. Hofwyl	32,0	11	15
Ackererde vom Jura	40,1	8	58.

[70]) Die Volumensverminderung der angeführten Erdarten betrug nach Schübler bei dem Austrocknen von 1000 Th. feuchter Erde, bei 18°,75 C.:

Quarzsand	0 Theile.
Kalksand	0 „
Lettenartiger Thon	60 „
Lehmartiger Thon	89 „
Klayartiger Thon	114 „
Thon	183 „
Kalkerde	50 „
Humus	200 „
Talkerde	154 „
Gips	0 „
Gartenerde	149 „
Ackererde von Hofwyl	120 „
Ackererde vom Jura	95 „

Digitized by Google

Torfniederungen das Erdreich oft um mehrere Zolle erhöht, wenn feuchte Witterung stattfindet, zumal wenn dann auch Kälte eintritt; 2) diese Volumensverminderung steht mit der wasserhaltenden Kraft in keinem gleichförmigen Verhältnisse (wie sich z. B. beim kohlensauren Kalke zeigt), auch nicht mit der Festigkeit und Consistenz; 3) das Zerfallen des Mergels an freier Luft erklärt sich daraus, dass seine Bestandtheile, Thon und feiner Kalk, eine sehr verschiedene Volumensverminderung erleiden; 4) schon deshalb muss der dem Thone beigemengte Kalkmergel ganz anders wirken, als der Sand. Der feine Kalk vermindert die Festigkeit und Consistenz des Bodens, während er zugleich starke wasserhaltende Kraft und Sauerstoffeinsaugung besitzt und auf Säure und Humus chemisch wirkt.

Die *Fähigkeit, Feuchtigkeit aus der Luft einzuziehen*, ist eine der wichtigsten Eigenschaften der fruchtbaren Erden und nach Davy[71]) sogar eins der untrüglichsten Kennzeichen von der Fruchtbarkeit eines Bodens. Diese hygroskopische Eigenschaft darf nicht verwechselt werden mit derjenigen, durch welche das aufgesogene Wasser zurückgehalten wird; sie scheint, nach Boussingault[72]), zum Theil von der Porosität der Erden und wahrscheinlich auch von den mehr oder weniger zerfliesslichen Salzen, die selbst nur in sehr geringer Menge darin enthalten zu sein brauchen, abhängig zu sein. Die in dieser Hinsicht von Schübler[73]) angestellten Versuche zeigten, dass die Einsaugung in den

---

[71]) Davy: *Agriculturchemie*, S. 208 u. ff.

[72]) Boussingault a. a. O. I. S. 405.

[73]) In der folgenden Tabelle (Schweigg. Journ. XXXVIII. S. 145) findet man die Resultate der über die hygroskopische Eigenschaft der Erdarten angestellten Versuche zusammengestellt:

Erdarten.	500 Centigr. der auf einer Oberfläche von 36,000 Quadratmillimeter ausgebreiteten Erden absorbiren in			
	12 Stund.	24 Stund.	48 Stund.	72 Stund.
	Centigr.	Centigr.	Centigr.	Centigr.
Qarzsand	0 0	0,0	0,0	0,0
Kalksand	1,0	1,5	1,5	1,5
Lettenartiger Thon .	10,5	13,0	14,0	14,0
Lehmartiger Thon .	12,5	15,0	17,0	17,5
Klayartiger Thon .	15,0	18,0	20,0	20,5
Thon	18,5	21,0	24,0	24,5
Kalkerde	13,0	15,5	17,5	17,5
Humus	40,0	48,5	55,0	60,0
Talkerde	34,5	38,0	40,0	41,0
Gips	0,5	0,5	0,5	0,5
Gartenerde	17,5	22,5	25,0	26,0
Ackererde v. Hofwyl	8,0	11,5	11,5	11,5
Ackererde vom Jura	7,0	9,5	10,0	10,0.

Digitized by Google

ersten Stunden am stärksten, bei Nacht schwächer als bei Tage ist; nach einigen Tagen scheinen die Erden gesättigt. Humus saugt am meisten ein, selbst mehr als Bittererde; Thonarten um so weniger, je grösser ihr Sandgehalt ist. Reiner Quarzsand und Gipserde äussern allein keine oder nur unbedeutende Absorption von Feuchtigkeit; sie bilden daher einen hitzigen, unfruchtbaren Boden. Diese Einsaugung ist kein sicheres Kennzeichen für die Güte des Bodens, wie Davy behauptet, nur dass bei einerlei übrigen Bestandtheilen die humusreichere Erde auch mehr Wasser anzieht. Die Einsaugungsfähigkeit steht weder immer im directen Verhältniss mit der wasserhaltenden Kraft, noch im umgekehrten mit der Fähigkeit auszutrocknen.

Wir wenden uns zunächst zu der *Fähigkeit* der einfachen Erden und deren Gemenge, *den Sauerstoff zu absorbiren;* schon vor 1794 hatte Humboldt[74]) die von Ingenhouss schon 1788[75]) bekannt gemachte Sauerstoffabsorption des Humus auch für andre einfache und zusammengesetzte Substanzen, wenn sie in einem feuchten Zustande sich befinden, wie bei dem Thon, dem Kieselschiefer, manchen Glimmerarten u. s. w. bestätigt gefunden und gleichfalls wahrgenommen, dass die Wände der in dem salzführenden Thon der Gruben von Salzburg niedergetriebenen Schachte ebenfalls diese Eigenschaft besässen, und dass dieses die Verschlechterung der Luft zur Folge habe, wenn diese durch Wetterzüge nicht hinlänglich erneuert und verbessert würde; er bemerkt ferner schon damals, dass die aus den Gruben zu Tage geschaffte Erde erst nach einiger Zeit, nachdem dieselbe durch den Sauerstoff der Luft eine Oxydation erlitten habe, fruchtbar werde, und findet in den Resultaten seiner Versuche die Erklärung der Fruchtbarkeit des Thonbodens, des Humus, des Nutzens der Brache, des Umwendens der Ackererde an die Luft durch den Pflug[76]). Die von Humboldt aufgestellte Behauptung wurde

---

[74]) Vgl. *Brief von v. Humboldt an Ingenhouss über die Eigenschaft einiger Erden, die atmosphärische Luft zu zersetzen* (Journ. de Phys., par Delamétherie, t. IV. p. 323), Gilb. Ann. I. 501—504. — Versuche über die angefeuchtete Thonerde, eine Gangart, in welcher das Steinsalz im Oesterreichischen und Salzburgischen vorkommt (das Lebergestein der deutschen Bergleute). Schwererde und Kalkerde absorbirten gleichfalls den Sauerstoff, während Kiesel- und Talkerde diese Eigenschaft nicht zu besitzen schienen.

[75]) Gilb. Ann. I. S. 505.

[76]) F. A. von Humboldt: *Ueber die Zersetzung des Sauerstoffgases durch die einfachen Erden, und über den Einfluss derselben auf die Cultur des Bodens* (Ann. de Chim. An 7. Pluviose, No. 86, p. 125), Gilb. I. 511—514. Die von Humboldt ausgeführten Versuche theilen wir in dem Folgenden mit, wobei zu bemerken ist, dass der Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft nach dessen damaliger Ansicht viel zu hoch angenommen ist, welches jedoch auf das Resultat jener Versuche selbst keinen erheblichen Einfluss haben kann. Die Reihe der Versuche mit dem *Thone* aus den Steinsalzgebirgen ergab die Resultate:

Digitized by Google

von Saussure[77]) für die einfachen humuslosen Erdarten in Zweifel gezogen, wie auch von Berthollet u. A.[78]) für unrichtig erklärt. Dennoch haben die von Humboldt zuerst beobachteten

Volumen atmosphärischer Luft (zu 0,27 Sauerstoffgas), welche damit in Berührung gebracht wurde.	Rückstand nach 15 bis 23 Tagen.	Der Rückstand enthielt	
		Sauerstoffgas.	Kohlensaures Gas.
250	212	0,10	0,04
460	418	0,18	0,02
300	260	0,07	0,08
520	492	0,20	0,04
500	446	0,11	0,07.

Versuche mit dem *Humus*, an verschiedenen Orten eingesammelt:

Tage der Berührung.	Rückstand von den anfangs vorhandenen 0,27 Theilen Sauerstoffgas in 5 Glocken:				
	erste.	zweite.	dritte.	vierte.	fünfte.
2	0,20	0,24	0,19	0,20	0,26
3	0,16	0,20	0,15	0,20	0,20
4	0,16	0,15	0,14	0,15	0,17
5	—	0,12	0,11	0,15	0,16
8	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12
11	0,08	0,10	0,11	0,08	0,09
14	0,05	0,06	0,04	0,08	0,09.

Versuche mit *einfachen Erden:*

	Tage der Berührung.	Rückstand von den anfänglichen 0,27 Th. Sauerstoff.
Thonerde	17	0,00
Thonerde	9	0,00
Schwererde	17	0,08
Thonerde	38	0,12
Thonerde	38	0,08
Kalkerde	38	0,20
Schwererde	38	0,11.

[77]) *Brief Saussure des Sohns an J. C. Delamétherie, in welchem bewiesen wird, dass die reinen Erden den Sauerstoff nicht absorbiren* (Journ. de Phys. par Delamétherie t. IV. p. 470), Gilb. I. 505—509. — Humboldt glaubt, dass (a. a. O. S. 511) die Abweichung der Resultate seiner Versuche von denen Saussure's darin ihre Erklärung finden könne, dass der Letztere vielleicht mit gesättigter, während er mit ungesättigter Erde experimentirt habe.

[78]) *Bemerkungen gegen Girtanner's Meinung vom Stickstoffe und gegen die vorgebliche Absorption des Sauerstoffs durch die reinen Erden*, von Berthollet (Ann. de Chim. t. XXXV. p. 23—31), Gilb. VII. 81—87. Berthollet theilt hier mit, dass Fabroni die Humboldt'schen Versuche ohne Erfolg wiederholt, dass Champy der Sohn in Kairo mit Thonerde, Kalkerde und mit dem Nilschlamm, bei

Digitized by Google

Erscheinungen von Schübler[79]) durch ausführlichere und sorgfältigere Versuche, als je zuvor angestellt worden, völlige Bestä-

---

einer Temperatur von 24° bis 28°,8 R., und ebenso Chaptal zu Montpellier bei Wiederholung der angeführten Versuche von Humboldt keine Sauerstoff-Absorption wahrgenommen habe. Dasselbe Resultat ergab sich aus einigen von Berthollet selbst angestellten Versuchen mit feuchter Thonerde.

[79]) Die Resultate der Schübler'schen Versuche (mitgetheilt in dessen Abhandlung: *Ueber die Absorption von Sauerstoffgas und Wasserdünsten durch die Erden*; Schweigg. Journ. XXXVIII. 141 u. ff.) findet man in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Erdarten.	Absorption von Sauerstoffgas.			
	Im völlig trockenen Zustand.	Im durchnässten Zustande absorbirten 500 Centigr. Erde aus 15 Cubikzoll atmosphärischer Luft, welche 21 Proc. Sauerstoff enthielt, in 30 Tagen		
		nach Proc.	dem Volumen nach.	dem Gewichte nach.
		Proc.	Cubikzoll.	Centigr.
Quarzsand	0	1,6	0,24	0,05
Kalksand	0	5,6	0,84	0,20
Gips	0	2,7	0,40	0,085
Lettenartiger Thon . .	0	9,3	1,39	0,30
Lehmartiger Thon . . .	0	11,0	1,65	0,355
Klayartiger Thon . . .	0	13,6	2,04	0,44
Reiner Thon	0	15,3	2,29	0,495
Feine, kohlens. Kalkerde	0	10,8	1,62	0,35
„ „ Bittererde	0	17,0	2,55	0,655
Humus	0	20,3	3,04	0,55
Gartenerde	0	18,0	2,60	0,56
Ackererde von Hofwyl	0	16,2	2,43	0,525
Ackererde vom Jura . .	0	15,0	2,25	0,458.

Um sich näher zu überzeugen, inwiefern Humustheile und Metalloxyde auf diese Sauerstoffgas-Absorption einwirken, unterwarf Schübler noch die folgenden Erdarten einer Untersuchung:

Erdarten, befeuchtet.	Sauerstoffgehalt nach 28 Tagen.
Fruchtbare Gartenerde	10,4 Proc.
Dieselbe vom auflöslichen Humus rein . . .	17,0 „
„ zuvor geglüht	20,9 „
Gewöhnlicher gelber Lehm	18,1 „
Derselbe zuvor geglüht	21,0 „
Weisse feine Thonerde	16,3 „
Dieselbe zuvor geglüht	21,1 „
Gewöhnliche weisse Kalkerde	17,1 „
Weisser cararischer Marmor	20,9 „
Derselbe zuvor geglüht	21,0 „
Gewöhnliche kohlensaure Talkerde	13,8 „
Dieselbe zuvor geglüht	21,1 „
Gewöhnlicher weisser Gips, etwas eisenhaltig	19,8 „
Derselbe zuvor geglüht	20,9 „

Ueber den Einfluss der Wärme und Kälte auf die Grösse der Sauerstoff-Absorption durch die Erden wurden ebenfalls Versuche an-

Digitized by Google

tigung gefunden und deren Richtigkeit kann deswegen jetzt nicht mehr zweifelhaft sein. Folgende in der Natur auftretende Er-

---

gestellt. Schübler verschloss mehrere gleiche Quantitäten einer Ackererde in gleich grosse Gefässe und setzte sie sowohl dem Sonnenlichte als dem Schatten aus.

Tag der Untersuchung.	Sauerstoffgasgehalt über trockner Erde.	Sauerstoffgasgehalt über nasser Erde im Schatten.	Sauerstoffgasgehalt über nasser Erde im Sonnenlicht.	Bemerkungen.
1. Mai	21,3	21,3	21,3	Die Gefässe wurden alle luftdicht verschlossen.
25. Mai	21,3	13,6	22,6	Die Witterung war seither mehr trübe als heiter, so dass sich kaum einige Conferven zu bilden anfingen.
3. Juni	21,3	7,6	23,2	Ebenso, nur wenige heitere Tage.
13. Juni	21,3	4,2	25,6	Die Conferven hatten sich seither etwas vermehrt.
3. Juli	21,2	0	27,0	Einzelne heitere Sommertage.
15. Juli	21,2	0	22,8	Seit 12 Tagen grösstentheils trübe, oft rauhe nasse Witterung.
9. Aug.	21,2	0	28,1	Seit 4 Tagen sehr heitere Sommerwitterung; es entwickelten sich um die Conferven kleine Luftbläschen.

Ergebnisse aus den in dieser Anmerkung angeführten Versuchen: 1) In trocknem Zustande zeigt sich keine Einsaugung; nachdem reine Thonerde und fruchtbare Ackererden 7 Monate lang in den Gefässen verschlossen waren, zeigte sich der Sauerstoffgehalt unverändert. Durchnässt aber haben alle Bodenarten diese Eigenschaft. 2) Die Einsaugung geschieht selbst dann noch, wenn über den Erden eine dünne Schicht Wasser steht. Als diese 2 Linien betrug, absorbirte noch Sand und Gips wenig, Thon, Humus und Bittererde viel Sauerstoffgas, blosses Wasser gar nicht oder äusserst wenig. Demnach dient zwar das Wasser vermittelnd, aber hauptsächlich wirken doch die Erden. 3) Humus zieht am meisten an, nächstdem Thon. 4) Den Humus ausgenommen, scheinen die Erden mit dem Sauerstoff sich nicht innig chemisch zu verbinden. Werden sie bei 60–70° R. getrocknet, so saugen sie wieder von Neuem ein. 5) Bei dem Humus aber wird aus dem aufgenommenen Sauerstoff und einem Theile des Kohlenstoffgehaltes Kohlensäure, die in die Luft aufsteigt. Wird dies lange fortgesetzt, und steht Wasser über dem Humus, so wird dieser schwarz und verkohlt, wie dies im Grossen in Sumpfgegenden oft zu sehen ist. 6) Die Absorption ist um so stärker, je höher der Wärmegrad; sie fällt ganz weg, wenn die Erde gefroren und mit einer dünnen Eisschicht überzogen ist. 7) Als der Versuch im Sonnenlichte angestellt wurde und einige Linien hoch Wasser über der Erde stand, zeigte sich bei heiterer Witterung nach 8 Tagen Priestley'sche Materie (kleine Conferven) und der Sauerstoffgehalt nahm nun wieder zu; nach 14 Tagen enthielt die darüber stehende Luft 28 statt der anfänglichen 21 Hunderttheile. Sobald trübe Witterung einfiel, bildete sich die Materie nicht weiter und der Sauer-

Digitized by Google

scheinungen scheinen sich aus dieser Sauerstoffgas-Absorption durch die Erden zu erklären und dienen selbst zum Theil wieder als Bestätigung dieser Erscheinung (Schübler) [80]). Durch eine Menge Thatsachen ist es erwiesen, dass der Sauerstoff eine der wichtigsten Rollen in der thierischen und Pflanzenökonomie spielt, dass er zur Keimung der Samen nothwendig ist und die Entwickelung und das Wachsen aller organischen Theile begünstigt; durch Bearbeitung des Bodens, Pflügen, Auflockern desselben werden abwechselnd andere Erdschichten mit der Luft in Berührung gebracht und durch die Absorption des Sauerstoffgases gleichsam befruchtet; es scheint dieses um so nöthiger zu sein, indem der Sauerstoff durch die Erdschichten nur langsam tiefer als einige Linien eindringt. — Es scheint in Ansehung des Absorbirens des Sauerstoffs durch die Erden und neue Bildung desselben durch die Vegetation, ein merkwürdiger Wechsel Statt zu haben. Wärme und Feuchtigkeit begünstigen vorzüglich diese Absorption, es wird daher während feuchter warmer Sommerwitterung durch die Erden vorzüglich viel Sauerstoffgas absorbirt werden, während zugleich

---

stoff wurde wieder von den Erden eingeschluckt. Dies mag die Ursache sein, warum die Versuche mehrerer Naturforscher ungleichen Erfolg hatten. 8) Der in No. 2 berührte Umstand bestätigte sich bei weiteren Versuchen. Aus einer eisenhaltigen Lösung von Kalkerde in Salzsäure wurde durch kohlensaures Kali die Kalkerde und das Eisenoxyd niedergeschlagen; dieser weissgraue Niederschlag röthet sich an freier Luft durch weitere Oxydation des Eisens. Wurde nun derselbe einige Linien hoch mit Wasser überdeckt, so zeigte sich schon nach 24 Stunden an freier Luft die Röthe, und nach 6 Wochen war schon eine Schicht von 1½ Linien geröthet, nach 3 Monaten 2 Linien. War die Wasserschicht 2–5 Zoll hoch, so erfolgte die Färbung langsamer, je weniger die Luft betrug, und von dieser wurde der Sauerstoff absorbirt; bei blosser Bedeckung mit Wasser, ohne Luft darüber, war nach 3 Monaten noch keine Oxydation sichtbar. — Ausser dem Humus wird demnach vorzüglich durch die Eisenoxyde die Sauerstoffeinsaugung bewirkt. Ferner, da die Oxydation nur langsam abwärts dringt, so erklärt sich, warum mit einerlei Erde der nämliche Versuch mehrmals vorgenommen werden kann; freilich konnte beim Trocknen auch Sauerstoff wieder entweichen. 9) Die Einwirkung des Humus und der Metalloxyde verdiente eine weitere Untersuchung. Es zeigte sich, dass die geglühten Erden und Steine gar keinen oder nur sehr wenig Sauerstoff einzogen, welches theils der stärkern Oxydation des Eisens, theils der Verflüchtigung des Humus zugeschrieben werden muss. Ungeglüht absorbirten die Mineralien, die nur geringen Eisengehalt haben, auch weniger als andere; z. B. nach 28 Tagen weisser cararischer Marmor 0,2 von 100 Th. Luft, weisser Gips 1,3, weisse Kalkerde 4. 10) Ausser dieser chemischen scheint aber auch eine mechanische Anziehung von Lebensluft stattzufinden, die sich auch zeigte, wo kein Humus und Eisen zu entdecken war, besonders bei der Bittererde wegen ihrer Lockerheit. Die Versuche de Saussure's (Gilb. Ann. XLVII. 133) u. Ruhland's *(Ueber Absorption und Aussonderung atmosphärischer Luft durch einer höhern Temperatur ausgesetzte feste Körper*; Schweigg. Journ. XVIII. 30–48) zeigen dasselbe.

[80]) Schübler: Schweigg. Journ. XXXVIII. S. 160–163.

Digitized by Google

in dieser Jahreszeit durch das lebhafter einwirkende Sonnenlicht auch am meisten Sauerstoff aus den dem Sonnenlicht ausgesetzten Pflanzentheilen nach vielen Beobachtungen entwickelt wird. — In Ansehung der Fruchtbarkeit verschiedener Erdschichten ist es eine bekannte Erfahrung, dass die tief liegenden Erdschichten weniger fruchtbar sind als die, welche unmittelbar mit der Atmosphäre in Berührung stehen, und dass es einige Zeit bedarf, um solche Erden, wenn sie auch übrigens chemisch in den gehörigen Verhältnissen zusammengesetzt sind, zu einem guten Ertrag zu bringen; bei neuen Umbrüchen und bei Erden überhaupt, welche lange Zeit vom freien Genuss der Luft abgeschlossen waren, bemerkt man oft diese Erscheinung. Es ist gleichfalls damit die Erfahrung übereinstimmend, dass thonhaltige Boden im Allgemeinen zu den fruchtbarsten, Sandboden dagegen zu den unfruchtbarsten gehören; in Thonboden, welche die gehörige Lockerheit besitzen, wird die Sauerstoffgas-Absorption vorzüglich leicht vor sich gehen können.

Die *wärmehaltende Kraft* (specifische Wärme) der Erden bezieht sich auf die verschiedene Menge von Wärme, die die Erden bei gleichem Wärmegrade der Luft aufnehmen können und die sie, in niedrigere Temperatur gebracht, mehr oder weniger lange zurückhalten. Die von Schübler untersuchten Erdarten [81]) zeigten, dass Sand diese Eigenschaft im höchsten Grade besitzt, weswegen Sandgegenden im Sommer trockener und heisser sind; Humus hat, wenn das Volumen berücksichtigt wird, geringe wärmehaltende Kraft, dem Gewichte nach wäre sie aber sehr gross;

---

[81]) Schübler a. a. O. XXI. S. 207. Die Versuche findet man in der folgenden Tafel aufgeführt:

Erdarten.	Wärmehaltende Kraft, die des Kalksandes = 100 gesetzt.	Länge der Zeit, welche 595 Cubikcentimeter nöthig hatten, sich von 62°,5 bis 21°,2 C. abzukühlen; die Temperatur der umgebenden Luft = 16°,2 C.	
		Stund.	Min.
Quarzsand	95,6	3	27
Kalksand	100,0	3	30
Lettenartiger Thon .	76,9	2	41
Lehmartiger Thon .	71,8	2	30
Klayartiger Thon .	68,4	2	24
Thon	66,7	2	19
Kalkerde	61,8	2	10
Humus	49,0	1	43
Talkerde	38,0	1	20
Gips	73,8	2	16
Gartenerde	64,8	2	34
Ackererde v. Hofwyl	70,1	2	27
Ackererde vom Jura	74,3	2	36.

Digitized by Google

Talkerde weicht auch hierin am meisten ab; die wärmehaltende Kraft steht ziemlich genau im Verhältnisse des specifischen Gewichtes eines gewissen Volumens.

Eine gleichfalls sehr wichtige Eigenschaft der Erdarten besteht in deren *Erwärmung durch das Sonnenlicht;* auf dieser Fähigkeit, durch den Einfluss der Sonnenwärme eine mehr oder weniger erhöhte Temperatur anzunehmen, beruht hauptsächlich das schnellere oder langsamere Austrocknen des Bodens, wenn im Frühjahr das Uebermaass der während des Winters aufgenommenen Feuchtigkeit sich verlieren muss, ehe der Acker von Neuem bestellt werden kann. Aus den in dieser Hinsicht angestellten Versuchen[82]) ergab sich, dass jene Eigenschaft abhängig ist von der Farbe der

[82]) Schübler a. a. O.:

Erdarten.	Temperaturmaxima der obern Erdschicht bei einer mittleren Temperatur der umgebenden Luft = 25° C.			
	Natürlich gefärbte Oberfläche.		Trockene Erde.	
	Feuchter Boden.	Trockner Boden.	Weisse Oberfl.	Schwarze Oberfl.
Quarzsand v. graugelber Farbe	37°,25 C.	44°,75 C.	43°,25 C.	50°,87 C.
Kalksand v. weissgrauer „	37°,38 „	44°,50 „	43°,25 „	51°,12 „
Lettenart. Thon v. gelblicher „	36°,75 „	44°,12 „	42°,37 „	49°,75 „
Lehmart. Thon	37°,25 „	44°,50 „	42°,12 „	49°,50 „
Klayart. Thon v. graugelber„	37°,38 „	44°,62 „	41°,87 „	49°,12 „
Reiner Thon v. bläulicher „	37°,50 „	45°,00 „	41°,25 „	48°,89 „
Kalkerde v. weisser „	35°,63 „	43°,00 „	42°,87 „	50°,50 „
Humus v. schwarzgrauer „	39°,75 „	47°,37 „	42°,50 „	49°,37 „
Talkerde	35°,12 „	42°,62 „	42°,62 „	49°,62 „
Gips v. hellgrauer „	36°,25 „	43°,62 „	43°,50 „	51°,25 „
Gartenerde v. schwarzgrauer „	37°,50 „	45°,25 „	42°,37 „	50°,87 „
Ackererde v. Hofwyl, grau . .	36°,88 „	44°,25 „	42°,00 „	50°,00 „
Ackererde vom Jura, grau . .	36°,50 „	43°,75 „	42°,87 „	50°,50 „

Die Stärke der Erwärmung hängt von 4 Umständen ab, die alle einzeln zu untersuchen waren: 1) *Farbe* der Erdoberfläche. Es wurde in gleich grossen Gefässen jede Erdart erst in ihrer natürlichen Farbe, dann mit einer dünnen Schicht von gepulvertem Kienruss, und endlich mit feiner Bittererde bedeckt, dem Sonnenlichte ausgesetzt. Es zeigte sich, dass die weisse Erde nicht blos anfangs, sondern stundenlang immer eine geringere Temperatur hatte; beim Kalk beträgt der Unterschied fast die Hälfte der Wärmegrade. Hieraus wird erklärlich, warum man in manchen Gegenden den Schnee mit Erde bestreut, um sein Schmelzen zu beschleunigen. Lampadius zog auf geschwärzter Erde Melonen im Erzgebirge *(Erfahrungen im Gebiete der Chemie und Hüttenkunde.* 1816. S. 173). 2) *Art* der Erden. 3) Der *Feuchtigkeitsgrad;* befeuchtete Erden haben beständig 5—6° weniger Wärme, bis die Feuchtigkeit verdunstet ist. Sand ist folglich auch deshalb warm, weil seine wenige Feuchtigkeit bald verdunstet. 4) Die *Neigung des Erdreichs* gegen das einfallende Licht. Die Temperaturerhöhung verhält sich umgekehrt wie der Sinus des Einfallswinkels; daher die grössere Hitze in südlichen Gegenden und an Abhängen.

Digitized by Google

Erdoberfläche, von der chemischen Zusammensetzung der Erdarten, von ihrem Feuchtigkeitsgrade und endlich von der Neigung des Winkels, unter welchem die Sonnenstrahlen einfallen.

Endlich hat Schübler auch über das *galvanische* und *elektrische Verhalten* der Erden einige Versuche angestellt [83]) und denselben als Resultate die Bemerkungen hinzugefügt, dass im trockenen Zustande nur die Thonerden als Halbleiter sich zeigen, weil sie immer etwas Feuchtigkeit und Eisen enthalten; die andern reinen Erden sind Nichtleiter. Durch Reiben werden alle Erden negativ elektrisch; schabt man sie mit einem Messer und lässt die Stückchen auf ein Elektrometer fallen, so entfernen sich die Pendel wohl 4—5° von einander, immer mit negativer Elektricität. Eis auf dieselbe Weise behandelt, wird positiv elektrisch. In der galvanischen Kette stehen bekanntlich die Erden auf der negativen Seite; der Humus jedoch kommt auf die positive Seite zu stehen [84]).

---

[83]) Schübler a. a. O.:

Erdarten.	Galvanisches Verhältniss in Beziehung auf d. Humus.	Leitungsfähigkeit für gewöhnliche Elektricität.
Quarzsand	—	Nichtleiter.
Kalksand	—	„
Lettenartiger Thon .	—	Halbleiter.
Lehmartiger Thon .	—	„
Klayartiger Thon . .	—	„
Thon	—	Nichtleiter.
Kalkerde	—	„
Humus	+	„
Talkerde	—	„
Gips	±	„
Gartenerde	+	SchwacherHalbleiter.
Ackererde v. Hofwyl	+	„ „
Ackererde vom Jura	+	„ „

[84]) Schübler a. a. O. S. 211. „Als die Polardrähte einer Säule von 50 Plattenpaaren in einen etwas abgedampften Absud von fruchtbarer Ackererde in destillirtem Wasser geleitet wurden, setzten sich sogleich an den positiven Pol kleine Humusflocken an und umzogen ihn dicht. Es war der sogenannte oxydirte, in Wasser unauflösliche Humus. Wurde die Ackererde in Kalkwasser gekocht, so entstand an beiden Polen ein Niederschlag, um den negativen Pol Kalkerde, um den positiven Humusflocken. War die Erde in einer Auflösung von kohlensaurem Kali gekocht worden, so dass sie auch den in blossem Wasser nicht auflöslichen oxydirten Humus enthielt, so sammelte sich dieser dicht dunkelbraun um den positiven Pol, das Kali um den negativen. Ebenso mit ätzendem Kali und Natron. Wenn das Kochen in einer gesättigten Gipsauflösung geschah, so wurde auf ähnliche Weise durch die galvanische Zersetzung Kalk und Humus, und bei diesem auch etwas Schwefelsäure niedergeschlagen. Es ist glaublich, dass sich der Humus auch zum Thone positiv verhalte und mit ihm eine en-

Digitized by Google

Die im Vorhergehenden ausführlich erörteten physikalischen Eigenschaften der Erdarten, die in Gemeinschaft mit ihrer chemischen Beschaffenheit bei einer sorgfältigen Untersuchung eines Ackerbodens Beachtung verdienen, sind jedoch hinsichtlich der genauen Charakteristik des letztern nicht alle von gleicher Bedeutung; man kann aus der Untersuchung einzelner Eigenschaften der Ackererden mit Wahrscheinlichkeit auf deren Verhalten in andrer

---

gere chemische Verbindung eingehe, weil durch langes Kochen blos der Extractivstoff des Humus vom Thon getrennt werden kann, der grössere Theil aber bei diesem bleibt, u. s. w.“

Schübler fügt den oben ausführlich mitgetheilten Resultaten seiner Untersuchungen noch einige, mit ihnen in Verbindung stehende Bemerkungen bei, welche hier ebenfalls einen Platz finden mögen.

Glimmer mässigt die Hitze des Quarz- und Kalksandes, dem er beigemengt ist, da er viel grössere wasserhaltende Kraft (60,4 Proc.) und Feuchtigkeitseinsaugung hat (in 24 St. 7,5, in 48 St. 10 Centigr.).

Eisenoxyd, in reinem Zustande, aus der Auflösung niedergeschlagen. Specifisches Gewicht = 3,475. Wasserhaltende Kraft 23,3. — 500 Centigr. ziehen Feuchtigkeit in 24 St. 3½, in 48 St. 5, in 72 St. 5½ Centigr. ein. Consistenz und Festigkeit wie die des Sandes; wärmehaltende Kraft etwas grösser als bei diesem. Der Eisengehalt macht den Thon lockerer und dunkelfarbiger. Die behauptete Schädlichkeit des Eisens beruht wohl auf seiner starken Verwandtschaft zum Sauerstoff und zu Säuren.

Gips. Sein günstiger Einfluss auf die Diadelphisten rührt höchst wahrscheinlich von einer chemischen Zersetzung her; die überstreute Menge ist zu gering, um die physischen Eigenschaften des Bodens abändern zu können (etwa 130 Gran auf 1 Quadratschuh); seine physischen Eigenschaften unterscheiden ihn wenig von dem Sande. Ferner bemerkte Schübler, dass 78 Gran reiner erdiger Gips, der freien Luft, Regen, Schnee und Sonne ausgesetzt, nach 6 Monaten in 65 Gr. Gips und 10 Gr. kohlensaure Kalkerde übergegangen waren.

Endlich *Versuche über das Keimen der Getreidekörner* in den genannten Erden, unter ganz gleichen Verhältnissen. Im *Kalk* und *Quarzsand* keimten die Körner in einigen Tagen, wuchsen in diesem zu 1 Zoll Höhe, in jenem, noch kräftiger, zu 1½″ Höhe, verdorrten aber bald bei einfallender Sommerwitterung. — In der *Gipserde* schwaches Keimen und baldiges Verdorren; sie schloss sich durch die Feuchtigkeit dichter zusammen und überzog sich mit einer harten Kruste. Im *lettenartigen Thon* bildeten sich zwar Wurzelchen und Blattkeime von 1½ Linien Länge, starben aber, ohne die dichte Kruste an der Oberfläche durchbrechen zu können. Ebenso im *lehmartigen Thon*, wo sie nur eine Linie lang wurden, und im *klayartigen Thon*, wo die Keimung noch schwächer blieb. In *reinem Thon* zeigte sich von dieser in 40 Tagen gar keine Spur. Die todt scheinenden Körner wuchsen in anderen Erden schön auf. — In *reiner kohlensaurer Kalkerde*, in eben solcher *Talkerde* und im *reinen Humus* erfolgte baldiges Keimen und gesundes Wachsthum zu beträchtlicher Höhe bei grünem saftvollem Ansehen. In *gewöhnlicher Garten-* und *Ackererde* dieselbe Erscheinung, doch etwas langsamer. — Demnach sind Lockerheit und Feuchtigkeit die Hauptbedingungen zu dem Pflanzenwuchse; der reine Thon schadet weniger durch seine Nässe, als durch seine Festigkeit und Consistenz. Kohlensaure Talkerde kann in gehöriger Verbindung mit andern Erden recht nützlich sein; in reinem Zustande schadet ihre grosse Lockerheit und wasserhaltende Kraft.

Digitized by Google

Hinsicht schliessen, und man kann sich meistens mit der Bestimmung der wichtigsten physikalischen Merkmale begnügen, zu welchen, nach Schübler, namentlich die Farbe, das absolute Gewicht eines bestimmten Volumens im trocknen und nassen Zustande, die wasserhaltende Kraft, die Consistenz oder Festigkeit im trocknen Zustande zu rechnen sind [85]). Besonders aber scheint das Verhalten der Erdarten zum Wasser, deren Absorptionsvermögen von Feuchtigkeit aus der atmosphärischen Luft, und ihre zurückhaltende Kraft, die grössere oder geringere Fruchtbarkeit des Bodens zu bedingen, und es sind deswegen in ähnlicher Weise, wie Schübler experimentirt hat, von Cadet de Gassicourt [86]) eine Reihe von Versuchen über die wasserhaltende Kraft der einfachen Erden, wie deren Mischungen, ausgeführt worden, indem er glaubte, hierin ein leicht und schnell anzuwendendes Mittel gefunden zu haben, „die Bestandtheile eines Ackerbodens ohne Analyse und ohne Hülfe chemischer Reagentien zu bestimmen." Cadet zog aus seinen Versuchen zunächst die Folgerung, dass die Adhäsion des Wassers zum Thon, Sande und dem verwitterten Kalksteine in dem Verhältniss ständen = 84 : 22 : 27, Zahlen, welche, da sie das Gewicht des Wassers ausdrücken sollen, das 100 Gewichttheile der Erden im Mittel zurückhalten, etwas abweichen von den im Obigen mitgetheilten Schübler'schen Resultaten, welche Abweichungen jedoch theils in allerlei Neben-

---

[85]) Schübler: *Fortgesetzte Untersuchungen über die physisch-chemischen Eigenschaften der Ackererden* etc. Schweigg. XXXVII. S. 43 u. 44. „Gewöhnlich stehen mit diesen Eigenschaften folgende in näherem Verhältniss: 1) Je dunkler die Erde gefärbt ist, desto stärker erwärmt sie sich durch das Sonnenlicht, wenn sie zugleich nur eine geringe wasserhaltende Kraft hat; 2) je grösser ihr absolutes Gewicht im trocknen Zustande ist, desto grösser ist ihre wärmehaltende Kraft (desto länger behält sie eine durch das Sonnenlicht oder unmittelbaren Einfluss der Atmosphäre erhaltene Temperatur); 3) je grösser die Consistenz oder Festigkeit einer Erde im trocknen Zustande ist, desto schwerer zu bearbeiten ist sie sowohl im trocknen als nassen Zustande, desto mehr Schwierigkeiten setzt sie keimenden Pflanzen bei Verbreitung ihrer Wurzeln entgegen, desto mehr Hümus ist sie aufzunehmen und enger zu binden im Stande, ein desto undurchlassenderes Erdreich bildet sie für Feuchtigkeit, und desto länger bleibt diese gewöhnlich in tieferen Erdschichten zurück, wenn sie einmal davon durchdrungen sind; 4) je grösser die wasserhaltende Kraft ist, desto grösser ist gewöhnlich auch ihr Vermögen, Feuchtigkeit und Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft zu absorbiren, und desto grösser ist ihre Volumensverminderung durch das Austrocknen; 5) je grösser endlich die beiden letzten Eigenschaften (Consistenz und wasserhaltende Kraft) zugleich sind, desto langsamer trocknet das Erdreich aus, einen um desto kältern, nässern Boden bildet es, und um desto mehr vermindert sich seine Consistenz durch das Durchfrieren, desto besser wird es daher sein, das Erdreich vor Eintritt des Winters umzubrechen."

[86]) *Einfachste Prüfung der Ackererden*, von Cadet de Gassicourt (Ann. des arts et manuf. Collect. II. t. 2. p. 273; Hermbstädt's Museum Bd. XII. S. 131), Gilb. Ann. LIX. 373—386. Der Verfasser hat die folgende Tabelle aufgestellt, woraus der Zusammenhang zwischen

Digitized by Google

umständen, wie in der Grösse des Filtrums, der Ausbreitung der Erde in demselben u. dgl. m., theils auch in der etwas verschiedenen chemischen Mischung ihren Grund haben werden. Cadet erfuhr ferner aus seinen Versuchen mit gewissen Mischungen der angeführten Erdarten, dass auch von diesen so viel Wasser eingesogen wurde, als jeder in dem Gemenge enthaltene Bestandtheil einzeln würde eingeschlürft haben, und dass auch die Zeit des Durchfiltrirens durch das Gemenge der durch die einzelnen Gemengtheile entspreche, doch mit Ausnahme des Thons, indem auf Kosten des von ihm zurückgehaltenen Wassers Kalk und Thon sich mit Wasser sättigen. Je thonhaltiger die Ackererde ist, desto mehr absorbirt sie das Wasser und um so länger hält sie dasselbe verhältnissmässig zurück. Der Sand bleibt länger feucht als der Kalk. Cadet glaubte auf seine Erfahrungen eine leicht auszuführende Methode gründen zu können, wie der Landmann, wenn auch nicht genau die chemische Natur, doch wenigstens den Grad der Fruchtbarkeit seines Ackerbodens kennen lernen könne; „denn die Fruchtbarkeit der Erden beruhe auf ihrem Vermögen, Wasser einzusaugen und zurückzuhalten, um die Pflanzen gleichförmig zu tränken, ohne ihnen zu viel Feuchtigkeit zu geben, indem jede von Dünger entblösste Erde nur als Träger der Pflanzen anzusehen sei, der ihnen nichts aus ihrer eignen Substanz gebe.“ Schübler [87]) hat eine Reihe von Bodenanalysen mit Rücksicht

---

den angegebenen Eigenschaften und der Beschaffenheit des Bodens hervorgehen soll.

Menge des v. 400 Gr. absorbirten Wassers.	Zeitdauer der Absorption.	Muthmaassliche Natur der Ackererde.
Gramme.	Stunden.	
80 — 90	3 — 4	Fast reiner Sand, oder sehr wenig *kalkig*.
100 — 110	1 — 1½	Fast reiner unfruchtbarer *Kalk*.
120 — 130	3 — 4	Leichte sandige Erde, Heideland mit ungefähr ⅓ Thon.
	1 — 2	Wenig fruchtbar, unstreitig *kalkig*.
180 — 195	5 — 5½	Dürr und, wenn sie grau ist, wahrscheinlich *kalkig*.
	8 — 9	Strenger, mit fast ¾ Thon.
240 — 250	9 — 10	Noch strenger u. unbezweifelt sehr fruchtbar.
320 — 350	11 — 12	Fester, thoniger Boden, mit ¾ Thon.
325 — 335	20 — 24	Fast reiner Thon.
350 — 360	7 — 8	Mergelboden, kalkiger, unfruchtbarer Thon.
390 — 400	1 — 2	Garten-Misterde von halb verfaulten Pflanzen, gut als Dünger zu brauchen oder mit einer strengen Erde und Sand zu vermengen.

[87]) Schübler's *Agriculturchemie*, Th. II. S. 68 u. ff. — Die näheren Verschiedenheiten der wasserhaltenden Kraft bei zusammengesetzten Erden ergiebt sich aus folgender Zusammenstellung, in welcher verschiedene, theils sehr fruchtbare, theils unfruchtbare Erden, nach

auf die wasserhaltende Kraft der untersuchten Mischungen mitgetheilt, woraus sich ergiebt, dass die wasserhaltende Kraft zusam-

---

ihrer wasserhaltenden Kraft dem Gewichte nach geordnet, zu weiteren Vergleichungen zusammengestellt und jeder Art zugleich kurz ihre vorherrschenden Bestandtheile, so weit sie auf ihre wasserhaltende Kraft vorzüglich von Einfluss sind, nebst Bemerkungen über ihre Fruchtbarkeit beigefügt sind. Die hier angeführten Erden des Rheingaus wurden von Prof. Geiger in Heidelberg (s. Mezger's *Rheinischer Weinbau.* Heidelberg 1827. S. 225), die aus der Gegend von Göttingen, Ostfriesland und Lauenburg von Dr. Sprengel (s. Erdmann's Journ. f. ökonom. u. techn. Chem. Bd. IV. S. 1 u. ff. 1829), die übrigen von Schübler in Beziehung auf dieses Verhältniss untersucht.

Wasserhaltende Kraft.	Erdarten.
20.	*Weinbergerde* vom Rotheberg bei Geissheim im Rheingau, überwiegend viel Kieselerde mit Thonschieferstückchen und etwas Kalk, mit 3,3 Proc. Humus und verflüchtigbaren Stoffen.
25.	*Weinbergerde* von Neudorf im Rheingau, von ähnlicher Zusammensetzung, 5,2 Proc. Humus und verflüchtigbare Stoffe enthaltend.
25.	*Unfruchtbarer Sandboden* vom Vogelsang im Göttingischen, 88 Proc. Sand und Kieselerde mit etwas Kalk, Thon und 4,2 Humus und verflüchtigbare Stoffe.
28.	*Weinbergerde* von Rüdersheim im Rheingau, den zwei erstern Weinbergerden ähnlich, jedoch etwas mehr Kalk und 8,3 Proc. Humus und verflüchtigbare Stoffe enthaltend.
35,5.	*Weinbergerde* von der Liebfrauenkirche bei Worms, 66,5 Proc. Sand mit Bruchstückchen von Sandstein und Schiefer, 19 Proc. Kalk, etwas Thon und 8 Proc. Humus und verflüchtigbare Stoffe.
35,7.	*Sehr fruchtbare Ackererde* von Ostfriesland, 64,8 Proc. grösstentheils feine Kieselerde, 9,7 Kalkerde, 5,7 Thonerde mit 11,2 Proc. Humus und verflüchtigbaren Stoffen.
37,0.	*Weinbergerde* vom Johannisberg im Rheingau, 54 Proc. Sand, aus Thonschieferstückchen und Quarz bestehend, 9 Proc. Kalk, 37 Thon und 5,5 Proc. Humus und verflüchtigbare Stoffe.
38,2.	*Sandboden* vom Schwarzwald, 77 Proc. Quarzsand mit 20,1 Thon, etwas Kalk und 1,3 Proc. Humus und verflüchtigbare Stoffe; schöne Nadelholzwälder.
40,7.	*Weinbergerde* von den bessern Weinbergen im Neckarthal bei Untertürkheim, 60 Proc. Sand mit schiefrigem Mergel, 24,4 Thon, 12,7 Kalk und 5,6 Proc. Humus und verfl. Stoffe.
42,0.	*Weinbergerde* vom goldenen Becher am Steinberg im Rheingau, 44 Proc. Sand und 56 Proc. abschlämmbare Theile enthaltend, letztere aus Thon mit 0,4 Proc. Kalk und 8,8 Humus und verflüchtigbaren Stoffen bestehend.
46,7.	*Fruchtbare Ackererde* von Getreidefeldern im Neckarthale bei Tübingen, kalkhaltiger Thonboden, 62 Thon, 28,8 Quarzsand, 3,4 Kalk und 5,7 Proc. Humus und verflüchtigbare Stoffe enthaltend.
49,2.	*Fruchtbare Ackererde* von Göttingen, 83,3 Proc. Quarzsand mit grösstentheils feiner abschlämmbarer Kieselerde, 5,1 Thonerde, 1,8 Kalk und 5 Proc. Humus mit verflücht. Stoffen.

Digitized by Google

mengesetzter Erden noch weit grössere Verschiedenheiten zeigt, als man nach der von Gassicourt entworfenen Tabelle erwarten könnte; die im Klima Deutschlands zum Getreidebau benutzten Ackererden scheinen am häufigsten in ihrer wasserhaltenden Kraft

Wasserhaltende Kraft.	Erdarten.
49,2.	*Unfruchtbarer Thonboden* aus dem Lüneburgischen, 77,8 Proc. Quarzsand und Kieselerde, 8,1 Proc. Eisenoxyd mit viel Eisenoxydul, 4,4 Humus und verflüchtigbare Stoffe, ohne kohlensauren Kalk.
50,0.	*Fruchtbare Ackererde* der Getreidefelder bei Stuttgart, 70,6 Proc. Thon, 25,2 Quarzsand, 1,2 Proc. Kalk und 7,8 Proc. Humus mit verflüchtigbaren Theilen.
53,0.	*Weinbergerde* von Uhlbach am Neckarthal, 50 Proc. Quarzsand mit Schieferstückchen, 46 Proc. Thon, 3 Proc. Kalk mit 7 Proc. Humus und verflüchtigbaren Theilen.
61,3.	*Fruchtbare Ackererde* von Getreidefeldern des Neckarthales bei Tübingen, 64,7 Proc. Thon, 17,2 Quarzsand, 16,4 Kalkerde mit Kalksand und 9,8 Humus und verflüchtigbare Stoffe.
67,2.	*Fruchtbare Ackererde* von Getreidefeldern bei Schwenningen am Ursprung des Neckars, 63,6 Thon, 17,3 Quarzsand, 4,1 Kalkerde und Kalksand und 5,6 Humus und verflüchtigbare Stoffe.
78,1.	*Gute Wiesenerde* von Bebenhausen, 46,7 Proc. Thon, 46,0 Sand, 3,0 kohlensauren Kalk und 4,5 Proc. Humus und verflüchtigbare Theile enthaltend.
85.	*Gute Wiesenerde* von Lustnau im Neckarthale, 48,0 Proc. Thon, 20,8 Quarzsand, 29,6 Proc. feine Kalkerde mit Kalksand, 6,3 Proc. Humus mit verflüchtigbaren Stoffen.
91,6.	*Sehr fruchtbare schwarze Erde* von der Höhe der schwäbischen Alp auf Jurakalk, 47,0 Thon, 1,2 Quarzsand, 33,8 Kalksand mit Kalkerde, 4,6 auflöslicher Humus und 13,1 verflüchtigbare Theile.
100.	*Leichte, an vegetabilischen Stoffen und Sand reiche Gartenerde*, vorzüglich zur Cultur von Heiden, Proteen und verwandten Pflanzen des Caps dienend, 1,6 Proc. Kalk, 18,6 Proc. grösstentheils vegetabilische, verflüchtigbare Stoffe, das Uebrige thonhaltiger Sand.
106.	*Eine dieser ähnliche Gartenerde*, zur Cultur vieler Straucharten Neuhollands, mehrerer Arten von *Metrosideros*, *Melaleuca* und verwandter Pflanzen dienend, 21 Proc. verflüchtigbare Stoffe mit 15,5 Proc. Kalk, das Uebrige thonhaltiger Sand.
124.	*Sehr leichter Boden*, für die gewöhnlichen Culturgewächse wenig tauglich, aus dem Neckarthal bei Lustnau, 42,7 Proc. Thon, 10,8 Quarzsand, 38,0 Kalkerde mit viel Kalksand, 8,4 Proc. Humus mit verflüchtigbaren Theilen enthaltend, Consistenz sehr gering.
155.	*An vegetabilischen Stoffen reiche Gartenerde*, zur Cultur von Azalien, Vaccinien, Daphne-, Rhododendron-Arten und verwandten Pflanzen dienend, 11 Proc. Kalk und 30 Proc. verflüchtigbare Stoffe mit Thon und Sand.

Digitized by Google

zwischen 40 bis gegen 70 Proc. zu wechseln; ist die wasserhaltende Kraft eines Erdreichs bedeutend grösser oder geringer, so eignet es sich meist besser zur Cultur gewisser Pflanzen, bei einer geringeren wasserhaltenden Kraft zum Weinbau und zu Nadelholzarten, bei einer grösseren zu Wiesen oder zur Cultur von Pflanzen einzelner Familien; noch bleibt hierüber Vieles erst durch weitere Beobachtungen auszumitteln übrig; erst durch viele Erfahrungen und abgeänderte Versuche werden wir dahin gelangen können, zu sagen, bei welcher wasserhaltenden Kraft diese oder jene Pflanze am sichersten ihren vollkommnen Zustand erreicht; nothwendig muss hierauf zugleich die einer Gegend zukommende mittlere Temperatur und Regenmenge von bedeutendem Einfluss sein; für wärmere Gegenden mit einer geringeren mittleren Regenmenge werden Bodenarten mit einer grösseren wasserhaltenden Kraft unter übrigens gleichen Verhältnissen günstiger sein, während sich dagegen Erden mit einer geringern wasserhaltenden Kraft besser für Gegenden eignen, welche eine grössere Regenmenge besitzen; dieselbe Bodenmischung kann daher für eine Gegend fruchtbar sein, welche es für eine andere unter veränderten äusseren Umständen nicht mehr ist; der häufig vorkommende Wechsel zwischen trocknen und nassen Jahrgängen wird aus demselben Grunde bald dieser, bald jener Gegend günstiger sein, je nachdem ihre Bodenarten vorherrschend eine grössere oder geringere wasserhaltende Kraft besitzen (Schübler a. a. O.).

Wie schon angedeutet wurde, haben bisher nur Wenige den von Schübler eingeschlagenen Weg zur Untersuchung von Ackererden verfolgt, und deren Versuche sind so vereinzelt und so wenig umfassend, dass sie hier gänzlich übergangen werden können; dennoch würden fortgesetzte Forschungen auf diesem Wege im Verein mit chemischen Analysen uns offenbar bald darüber auf-

---

Wasserhaltende Kraft.	Erdarten.
179.	*Schwarze unfruchtbare Torferde*, viel verkohlten Humus, im Ganzen 76 Proc. verflüchtigbare Stoffe enthaltend.
203.	*Vegetabilische Erde*, aus zersetztem Laub gebildet, sogenannte Lauberde, zur künstlichen Zusammensetzung verschiedener Gartenerden dienend, 33 Proc. verflüchtigbare Stoffe enthaltend, mit 16 Proc. feinem Kalk, das Uebrige aus feinem Thon und Kieselerde.
210.	*Holzerde* aus faulen Bäumen, wie die Lauberde zur Bildung von Gartenerden dienend, in welchen verschiedene Straucharten des Caps und Neuhollands erzogen werden, 47 Proc. verflüchtigbare Stoffe mit 10 Proc. feinem Kalk, das Uebrige aus feinem Thon mit Kieselerde.
366.	*Sehr leichte unfruchtbare braune Torferde* von unvollkommen ausgebildetem Torf, 89 Proc. verflüchtigbare Theile enthaltend.

Digitized by Google

klären, in welcher Bodenmischung jede Pflanzenart am besten gedeihe und welche Bearbeitung ihr am nützlichsten sei [88]).

Die Fruchtbarkeit eines Ackers wird nun aber nicht allein durch seine chemische Zusammensetzung, durch die physikalischen Eigenschaften und die geognostische Beschaffenheit seiner Krume und des Untergrundes bedingt; es sind bei Betrachtung dieses Gegenstandes nicht weniger die klimatischen Verhältnisse des betreffenden Landes, die mittlere Temperatur nämlich, die jährliche Regenmenge, die Erhebung über dem Meere, die Lage gegen die Sonne, die Neigung gegen den Horizont [89]) sorgfältig zu be-

---

[88]) Rau: Anmerk. zu Schübler's *Untersuchungen über die physischen Eigenschaften der Erden*; Schweigg. Journ. XXI. S. 215. „Dahin würde auch führen, dass man das Vorkommen der wilden Pflanzen auf diesem oder jenem Boden sorgfältig beobachtete, wozu schon z. B. von Crome viel geschehen ist. Bei Sandgewächsen, z. B. *Aira canescens, Elymus arenarius* etc. muss mehr aus der Luft eingesogen werden, weil der Boden wenig Wasser und Sauerstoff giebt; auch haben sie wirklich häufig rankende Wurzeln, die der Luft nahe zu bleiben streben, oder eine starke wasserhaltende Kraft, wie die *Crassifoliae*. Bei denjenigen Pflanzen, die einen ziemlich gleichmässig gemischten Boden erfordern, scheinen die verschiedenen Nahrungsverrichtungen mehr im Gleichgewichte zu stehen, welches auf eine höhere Oxydationsstufe deutet.“

Man vergl. ferner: Cadet de Gassicourt; Gilb. a. a. O. S. 385. „Der geübte Landwirth pflegt seinen Ackerboden aus der blossen Ansicht und dem einfachen Verhalten desselben richtig zu beurtheilen. Wenn die Erde braun oder schwarz und dadurch geeignet ist, die Sonnenstrahlen einzuschlucken, wenn sie, nach einem leichten Regen in der Hand zusammengedrückt, an einander hängt, sich aber leicht wieder zertheilt, und wenn sie nach starkem Befeuchten das überflüssige Wasser ablaufen lässt, und nur so viel Feuchtigkeit behält, als nöthig ist, die Bearbeitung mit Pflug und Spaten zu erleichtern und die Wurzeln der Pflanzen lange feucht zu erhalten, — so urtheilt er, dass sie zum Anbau des Weizens und, wenn sie Tiefe genug hat, von Obstbäumen tauglich ist; u. s. f. Sieht er, dass im Brachfelde wächst *Alsine media, Amaranthus blitum, Anthemis arvensis, Antirrhinum minus, Atriplex hortensis, Fumaria officinalis, Mercurialis annua, Veronica arvensis, Mentha arvensis* u. s. w., so schliesst er, dass der Boden zum Anbau des Getreides sich eigne. Auf ein trockenes und dürres Erdreich aber schliesst er, wenn er auf dem Brachfelde findet: *Herniaria hirsuta, Filago arvensis, Gentiana cruciata, Leontodon hastile, Oenonis antiquorum, Sedum acre, Verbascum thapsus, Plantago coronopifolia.* Kalkigen Boden zeigen ihm an die wilde Raute, Schöllkraut, dreitheiliger Steinbrech, das gemeine Glaskraut, die Mäusegerste etc. Einen feuchten thonigen Boden dagegen stumpfblättriger Hederich *(Erysimum barbaracea)*, Portulak, Schlangenkraut, wilder Rainfarren u. a.“ — Vgl. ferner die ausführlichen Angaben von Sprengel: *Bodenkunde*, S. 144—254. 2te Aufl. 1844.

[89]) Hausmann: *Bemerkungen über die Abhängigkeit des Landbaues und des Forstwesens von der geognostischen Beschaffenheit des Bodens*; Gilb. Ann. LXI. S. 392—404. Die Neigung der zur Cultur noch fähigen Ebenen pflegt man für grösser zu halten, als sie wirklich ist. Die Neigung der Alpweiden in der Schweiz fand Hausmann selten grösser als 20°. Bei einer Neigung von 40° sind die Ab-

Digitized by Google

achten; mit einem Worte, die Fruchtbarkeit oder Unfruchtbarkeit eines Feldes ist das Resultat der Vereinigung aller chemischen, physikalischen und meteorologischen Verhältnisse, welche einem Lande oder einer Zone im Allgemeinen eigenthümlich sind und welche wiederum auf einen einzelnen speciellen Fleck eines Bezirkes sich beziehen, Verhältnisse, deren gründliche Erforschung ebenso wohl ein geübtes und glückliches praktisches Auge als gründliche wissenschaftliche Kenntnisse erfordert und die in ihrer nahen Beziehung zur rationellen Landwirthschaft und zur Pflanzenphysiologie ein weites, nur noch wenig betretenes und angebautes Feld für wichtige und interessante Forschungen nicht nur dem Chemiker, sondern auch, wo möglich verbunden mit jenem, dem praktischen Landmanne darbietet.

---

hänge oft noch mit Rasen und Waldung bedeckt, bei einer grössern Neigung aber pflegen sie von nutzbarer Vegetation entblösst zu sein. Am Oberharze haben die Gehänge, an denen Buchen und Fichten wachsen, höchstens eine Neigung von 33° und die steilsten Wiesen, die noch Benutzung gestatten, eine Abdachung von 30°. — Es findet sich ferner in dieser Abhandlung eine Zusammenstellung der Wirkung der verschiedenen Einflüsse auf die Zerstörung der Gesteine und deren geognostische Beschaffenheit, sowie endlich eine kurze Charakteristik der 4 verschiedenen Hauptarten von secundären, durch mechanische Wirkung des Wassers translocirten Boden, nämlich: 1) eigentlicher Thalboden; 2) Fluss-Niederungs-Boden; 3) Seeboden und 4) Meeresboden.

Digitized by Google

Dritter Abschnitt.

Keimen, Wachsthum und Ernährung der Pflanzen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Man hat bei der Betrachtung des Wachsthums und der Ernährung einer lebenden Pflanze zwei Perioden zu unterscheiden, die Zeit nämlich, während welcher der Same keimt und sich die ersten zarten Theile der jungen Pflanze entwickeln, und dann die zweite, weit längere Periode, welche eintritt, sobald die Pflanze aus der Erde sich emporgehoben hat und ihre Blätter und Zweige in der Luft zu entfalten anfängt, und erst mit dem Absterben des Organismus ihr Ende erreicht; in beiden Epochen des Pflanzenlebens ist die dasselbe bedingende und befördernde chemische Thätigkeit eine wesentlich verschiedene und die abweichenden Aeusserungen derselben verdienen deshalb auch getrennt von einander näher erörtert zu werden.

Erste Abtheilung.

Das Keimen der Samen.

Die Entwickelung der jungen Pflanze, das Keimen des Samens, ist wesentlich bedingt durch die Gegenwart und die zusammenwirkende chemische Thätigkeit von Luft, Feuchtigkeit und einer hinreichend hohen Temperatur. Der Einfluss der atmosphärischen Luft auf das Keimen und deren Nothwendigkeit zur Veranlassung und zum Fortgange des letztern musste natürlich sehr bald bemerkt werden, nachdem man, nach der Entdeckung der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft und der Erforschung der Eigenschaften ihrer Bestandtheile, angefangen hatte, den chemischen Processen, welche das Pflanzenleben begleiten, einige Aufmerksamkeit zuzuwenden. Boyle und Homberg[1]) hatten bereits nachgewiesen,

[1]) Boyle und Homberg; siehe Carradori: *Versuche und Beobachtungen über den Einfluss des Sauerstoffs auf das Keimen der Samen* (Journ. de Ph. t. X. 253—258), Scher. Journ. IX. 635 u. ff. Schnurrer: *Ueber den Einfluss einiger oxydirter Substanzen auf das Keimen der Samen*, Gehlen's Journ. f. Ch. u. Ph. Bd. II. 1806. S. 56—76.

Digitized by Google

dass das Keimen im luftleeren Raume oder unter einer zu hohen und zu dichten Erdschicht nicht stattfinde, eine Thatsache, welche durch die von Musschenbroek und Boerhave [2]) ausgeführten Versuche bestätigt wurde, während Papin [3]) schon im Jahre 1675 zeigte, dass in dem von Luft befreiten Wasser die Samen ebenfalls nicht zu keimen vermöchten. Achard [4]) war der Erste, welcher nachwies, dass das Keimen in keiner irrespirablen Luftart, wie z. B. in Wasserstoffgas oder in Stickgas, vor sich gehen könne; aus seinen, wie aus den von Huber [5]), Lefebure [6]) und endlich von Ingenhouss [7]), Humboldt [8]), Proust [9]), Saussure [10]) u. A. ausgeführten Untersuchungen ergab sich mit Bestimmtheit, dass der in der atmosphärischen Luft enthaltene Sauerstoff der wirksame Bestandtheil und zum Keimen der Samen unentbehrlich sei.

---

[2]) Musschenbroek und Boerhave a. a. O.

[3]) Papin, siehe Schnurrer a. a. O. und Philos. Transact. No. 120. 1765.

[4]) Achard, siehe Schnurrer a. a. O.

[5]) Huber: *Mém. sur l'influence de l'air et de diverses substances gazeuses dans la germination de différentes graines*, par Fr. Huber et J. Sennebier; à Genève an XI. Vgl. Schnurrer a. a. O.

[6]) Lefebure: *Expériences sur la germination des plantes;* à Paris an IX.

[7]) J. Ingenhouss: *Ueber Ernährung der Pflanzen und Fruchtbarkeit des Bodens.* A. d. Engl. übers. u. mit Anmerk. versehen von Ghf. Fischer. Nebst einer Einleitung über einige Gegenstände der Pflanzenphysiologie v. F. A. v. Humboldt. 190 S. Leipzig 1798.

[8]) Humboldt in seiner *Flora Frtbergensis*, 1793, u. in Ingenh. a. a. O. S. 543; und *Versuche über die chemische Zerlegung des Luftkreises* S. 236—249; Scherer's Journ. III. S. 261—263 u. IV. 185.

[9]) Proust: *Ueber die Mischungsveränderung der Gerste durch das Keimen;* Ann. de Chim. t. LVII. 242—243.

[10]) *Chemische Untersuchungen über die Vegetation*, deutsch von Voigt, Leipzig 1805. S. 1 u. ff. „Das Sauerstoffgas und das Wasser sind zwei Agentien, welche die Natur zugleich anwendet, um in den Samen diejenige Entwickelung hervorzubringen, welche unter dem Namen des *Keimens* bekannt ist. Das Wasser allein vergrössert zwar, wenn es das Zellgewebe durchdringt und es anfüllt, dessen Volumen, es bringt aber dasselbe noch nicht zum Keimen. Verschiedene Samenarten, als Erbsen, Linsen, und Sämereien von Wasserpflanzen, können unter dem Wasser keimen, aber dasselbe ist alsdann nicht rein, sondern ein Wasser, dem Sauerstoff fremdartig beigemischt ist. Wurde unter einen mit Quecksilber angefüllten Recipienten kochendes Wasser gebracht und nach dem Abkühlen desselben Erbsen, Linsen und Samen von *Alisma Plantago* und *Polygonum amphibium* dazugethan, so zeigten diese nicht die geringste Spur von Keimen, wenn nicht die Menge des Wassers sehr beträchtlich war, und dann war der aus dem Wasser durch Kochen nicht vollständig zu entfernende Sauerstoff die Ursache der anfangenden Keimung. Die Einträukung mit Wasser ohne die Berührung der Luft hat keine andere Wirkung auf das Samenkorn, als es zum schnelleren Faulen geschickt zu machen.“

Digitized by Google

Cruikshank [11]) scheint zuerst die Veränderung der atmosphärischen Luft während des Keimens einer nähern Untersuchung unterworfen und die Bildung des kohlensauren Gases mit Bestimmtheit nachgewiesen zu haben; er fand auch, dass im luftleeren Raume, im Wasser- und im Stickstoff die in Wasser eingeweichten Samen eine schwache Entwickelung von Kohlensäure bewirken, bemerkte aber in diesen Gasatmosphären keine Spur von Vegetation; Cruikshank glaubte annehmen zu müssen, dass der Sauerstoff der Luft, wenigstens zum grössten Theile, von der keimenden Gerste, mit welcher er experimentirte, absorbirt werde, ohne zur Bildung der Kohlensäure verwendet zu werden, sondern dass die letztere ihren Sauerstoff aus dem sich zersetzenden Wasser entnehme. Zu derselben Zeit beobachtete Humboldt [12]), dass sich während des Keimens ausser der Kohlensäure auch Stickstoffgas und Wasserstoffgas entbinde, welches letztere, nach seiner Vermuthung, aus dem zersetzten Wasser herrühre, dessen Sauerstoff mit dem in dem Samenkorne enthaltenen Kohlenstoff zu Kohlensäure zusammentrete, während der Stickstoff wahrscheinlich in dem Samen mechanisch in deren Spiralgefässen enthalten gewesen sei. Saussure, dem wir überhaupt so viele wichtige Arbeiten und sorgfältige Versuche über die Ernährung der Pflanzen verdanken, hat unsere Kenntniss auch hinsichtlich der ersten Entwickelungsperiode der Pflanzen zuerst wesentlich aufgeklärt und erweitert. Aus seinen schon vor dem Jahre 1800 [13]) angestellten Untersuchungen

---

[11]) *Versuche und Beobachtungen über die Natur des Zuckers,* von Wilh. Cruikshank; Scher. Journ. I. 639–643. 1798. Es wurden verschiedene Versuche mit der keimenden Gerste angestellt, aus denen sich ergab, dass bei Gegenwart von atmosphärischer Luft der Sauerstoff allmählig verschwinde und sich Kohlensäure bilde, wobei oftmals eine Verminderung des Luftvolumens sich zeigte; das Letztere war in einem Versuche, bei welchem ganz reines Sauerstoffgas angewandt wurde, nicht der Fall; es wurde weder eine Verminderung, noch eine Ausdehnung der ursprünglichen Gasmenge wahrgenommen. „Noch ist es," bemerkt der Verf., „nur ungewiss geblieben, ob der Sauerstoff wirklich von der Gerste absorbirt oder nur zur Bildung der Kohlensäure verwendet wurde. Ich bin geneigt anzunehmen, dass er grösstentheils absorbirt und nur ein Theil zur Bildung der Kohlensäure verbraucht wird, da letztere nach den vorigen Versuchen auch ohne Gegenwart des Sauerstoffgases in nicht geringer Menge zu entstehen pflegte. Sehr wahrscheinlich wird diese durch Zersetzung des Wassers hervorgebracht, dessen Sauerstoff sich mit dem Kohlenstoffe der Gerste verbindet, indem der Wasserstoff, der zur Bildung des Zuckers erfordert wird, mit demselben vereinigt bleibt."

[12]) Humboldt; siehe in Ingenh.: *Ueber Ernährung etc.* und Scherer Journ. a. a. O. S. 543.

[13]) *Untersuchungen über den Einfluss des Sauerstoffgases auf das Keimen der Samen;* Scher. Journ. IV. 73–82. 1800. Saussure stellte mehrere Versuche über das Keimen von Erbsen und Gerste in atmosphärischer Luft an, aus welchen sich ergab, dass die Menge der gebildeten Kohlensäure ungefähr gleich der des verschwundenen Sauerstoffes sei; aber um diese Resultate zu erhalten, müssen theils alle

Digitized by Google

leitete er den Schluss ab, dass das atmosphärische Sauerstoffgas während des Keimens nicht von den Samen verschluckt werde, wie man vorher mit Cruikshank meistens angenommen habe, sondern es werde zur Bildung des kohlensauren Gases mit dem Kohlenstoffe der Samen verwendet; der keimende Samen bildet also, in Berührung mit der atmosphärischen Luft, nicht aus seiner eignen Substanz das kohlensaure Gas, sondern er liefert nur einen Bestandtheil desselben, nämlich den Kohlenstoff. Aus seiner eignen Substanz kommen aber, wie Saussure ebenfalls fand, der Sauer- und Kohlenstoff in dem kohlensauren Gase, welches sich dann erzeugt, wenn der Samen nur mit dem Wasser und dem reinen Stickgas in Berührung ist. Auch das Wasser wird beim Keimen nicht zersetzt, da die Samen während desselben weder Wasserstoff- noch Sauerstoffgas hergeben, welches erstere Humboldt als Product des Keimens gefunden haben wollte. Wenn Samen, die in reinem Wasser liegen, dieses mag mit Stickgas in Berührung sein oder nicht, kohlensaures Gas aushauchen, so rührt dies blos von ihrer innern Veränderung und Zerstörung her [14]). Die Beobachtungen Saussure's fanden in denen Carradori's [15]),

---

Samen keimen, theils müssen sie mit der atmosphärischen Luft in unmittelbarer Berührung stehen. Wenn sie nicht keimen, weil sie entweder zu sehr angehäuft, oder von schlechter Beschaffenheit sind, oder weil zu viel Wasser auf ihnen steht, so wird die Menge des erzeugten kohlensauren Gases grösser sein als die, welche durch die Verbindung des der Atmosphäre entzogenen Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff der Samen entsteht. Ueberdies muss man den Versuch beendigen, ehe sich alles Sauerstoffgas, welches in der Atmosphäre der Samen enthalten ist, in kohlensaures Gas verwandelt hat. Denn ohne diese Vorsicht würden die Pflanzen leiden, sich zersetzen, und man würde in ihrer Atmosphäre eine grössere Menge kohlensaures Gas finden als ausserdem. Die Bildung des Zuckers in dem Samen vermöge der Einwirkung des fremden Sauerstoffgases ist eine Erscheinung, die S. nicht zu erklären wagt.

[14]) Theod. de Saussure: *chemische Untersuchungen über die Vegetation*, auch in dem Journ. de Phys t. LVIII. p. 393 aus d. *Rech. chimiques sur la vegetation*, Paris 1804 u. Gilb. Ann. XVIII. 208 u. ff. Trockene Samenkörner, die gekeimt haben, wiegen weniger als trockene, die noch nicht gekeimt haben. Dieser Gewichtsverlust scheint vom Wasser herzurühren, welches während des Trocknens verdunstet und sich aus der Substanz des Samens gebildet hat. Da die Menge dieses Wassers verhältnissmässig grösser als die Menge von Kohlenstoff ist, welche der Sauerstoff dem Samen entführt, so würde hiernach der Same nach dem Keimen verhältnissmässig reicher an Kohlenstoff als vorher sein. Dieses Entziehen von Wasser findet aber erst nach dem Tode der Pflanze Statt; daher muss das noch lebende Samenkorn nach dem Keimen verhältnissmässig ärmer an Kohlenstoff als vor dem Keimen sein.

[15]) *Versuche und Beobachtungen über den Einfluss des Sauerstoffes auf das Keimen der Samen* (Journ. de Phys. t. X. 253—258), Scher. Journ. IX. 635 u. ff. 1802. C. fand, dass das vollkommne Keimen nur dann geschieht, wenn die Keimseite mit der Luft in Berührung steht; der ganze übrige Theil des Samens kann von der unmittelbaren Berührung der Luft ausgeschlossen sein. Ferner schloss C. aus neuen

Digitized by Google

wie auch Fourcroy's und Vauquelin's[16]), ihre Bestätigung; diese bemerkten nämlich ebenfalls, dass zur Entwickelung der jun-

---

Versuchen, dass der Sauerstoff zum Keimen durchaus erforderlich sei, dass, obgleich die Pflanze durch das Keimen belebt wird, sie dies Leben nicht beibehalten kann, wenn sie die Luft nicht mit dem Theile, dessen Organisation besonders dazu eingerichtet ist, ihre wohlthätigen Einflüsse zu geniessen, d. h. mit dem Stengel berührt. „Das Keimen geschieht freilich manchmal ohne unmittelbare Berührung des Sauerstoffs, aber die Vegetation, wenn man es so nennen will, kann nicht fortgehen, wenn das Samenkorn nicht unmittelbar mit dem Sauerstoffgase in Verbindung steht. Es scheint, dass zur Erregung des Keimes oder des Embryo der Pflanzen und zu Erweckung in's Leben durch den Umlauf der Säfte und andre Functionen schon gebundener Sauerstoff (z. B. der im Wasser aufgelöste) hinreiche, dass die zarte Pflanze aber in der Folge nicht fortwachsen könne, wenn ihr dies freie und reine Element fehlt." — „Was die Samen der Wasser- oder Sumpfpflanzen betrifft, so muss sowohl beim Anfange als beim Fortgange des Keimens der mit dem Wasser verbundene Sauerstoff in hinreichender Menge vorhanden sein, ohne dass grade freies Sauerstoffgas erforderlich wäre, weil man sie unter dem Wasser sehr gut keimen und fortwachsen sieht. Sie verarbeiten vermöge ihrer von den Landpflanzen verschiedenen Organisation den im Wasser enthaltenen Sauerstoff ebenso zu ihrer Vervollkommnung." — Obgleich die Samen also unter Wasser keimen können, so verlieren sie doch sehr viel, wenn sie lange darunter bleiben; ja, endlich verändern sie sich so sehr, dass sie gar nicht mehr keimen können, wenn sie auch ihre Stelle verändern und in trockene Erde gebracht werden. Hieraus sieht man, wie schädlich die lange anhaltenden Regengüsse nach der Saat sind. Nach der Epoche des Keimens, d. h. nach ihrer Kindheit, haben die Pflanzen keinen Sauerstoff mehr zu ihrem Fortkommen nöthig, sondern dann bedürfen sie der Kohlensäure. Nach dieser Periode hat der Sauerstoff also nur einen sehr eingeschränkten Nutzen für die Vegetation."

[16]) *Abhandlung über das Keimen und Gähren der Samen und des Mehls*, von Fourcroy und Vauquelin (Ann. du Museum d'hist. nat. IV. Ann. Vol. VII), Gehlen Journ. f. Ch. u. Ph. II. 378—397. 1806. — Unter einer mit *atmosphärischer Luft* gefüllten und in eine mit Wasser versehene Porcellanschale gesetzten Glasglocke keimten Linsen nach 3—4 Tagen sehr gut, Bohnen aber gar nicht, sondern fingen an zu schimmeln. (Die unter der Glocke befindliche Luft löschte eine Kerze aus und fällte Kalkwasser; Phosphor konnte indessen noch etwas darin brennen.) In *Wasserstoffgas* zeigte sich keine Spur von Keimung; es enthielt Kohlensäure, welche blos aus den Samen herrührte, die nachher in freier Luft keimten; dieses Gas begünstigt also das Keimen nicht, beraubt aber auch nicht die Samen ihrer Fähigkeit, zu keimen. — Saubohnen, ihrer Haut beraubt (nach dem Aufweichen in Wasser) und wieder unter *Wasser* gebracht, keimten während 11 Tagen nicht, das Wasser wurde sauer und nahm den Geruch nach saurem Käse an. Wasser, welches mit etwas *oxydirter Salzsäure* versetzt worden, gab keinen bessern Erfolg; Linsen, ebenso behandelt, keimten ebenfalls nicht, auch in Luft nachher nicht; diejenigen hingegen, die in Wasser getaucht gewesen waren, keimten in der Luft. Dieselben Samen, denen die Haut abgezogen und die mit etwas Wasser bedeckt worden, das jedoch hinreichend war, den Zutritt der Luft abzuhalten, gingen in Fäulniss über, statt zu keimen. Wurde hingegen nur so viel Wasser zugethan, dass die Berührung der Luft nicht ausgeschlossen war, so keimten sie sehr gut und trieben grüne Blätter, obgleich sie im Schatten standen. — Aus diesen Versuchen ist zu schliessen, dass der

Digitized by Google

gen Pflanzen eine unmittelbare Berührung mit dem freien Sauerstoffe nöthig sei, und bestätigten die Beobachtungen Scheele's und Saussure's[17]), dass die Samen der Wasser- und Sumpfpflanzen auch unter dem Wasser keimen und die Pflanzen selbst wachsen können, welches durch den im Wasser aufgelösten Sauerstoff bedingt wird, der, nach seiner Absorption, aus der Luft sich immer von Neuem wieder ergänzt. Die Menge der beim Keimen entwickelten Kohlensäure scheint nach Saussure um so grösser zu sein, je grösser die des Sauerstoffes in der umgebenden Atmosphäre ist, und das Keimen geht schneller vor sich, wenn man die Kohlensäure gleich nach der Bildung durch Kali oder ungelöschten Kalk absorbirt werden lässt; die zum Keimen erforderliche Sauerstoffmenge ist für verschiedene Samen verschieden; Salat, Bohnen, Saubohnen erfordern $\frac{1}{100}$ ihres Gewichts; Weizen, Gerste zehn Mal weniger; die Menge der gebildeten Kohlensäure ist dem Gewichte der Körner, nicht aber ihrer Anzahl proportional. Die Untersuchungen Saussure's[18]) hatten die schon von Scheele[19]) gemachte Beobachtung bestätigt, dass das Volumen der Luft durch den Process des Keimens von Erbsen bei Gegenwart der erforderlichen Menge Sauerstoff nicht verändert werde, während jedoch Ellis[20]), bei Anwendung derselben Samen, fand, dass das Ver-

---

Einfluss der Luft zum Keimen erfordert werde, wie bereits de Saussure angegeben hat.

[17]) Siehe oben Anmerk. 10 und Scheele: *Abhandlung über Luft und Feuer*, übers. von Leonhardi; Leipzig 1782; §. 94. S. 139 u. ff. und dessen Sämmtliche phys. und chem. Werke, herausgegeben von Hermbstädt, B. I. Berlin 1793. S. 217 u. ff. — Sch. sagte schon 1777, als er die aus dem der Atmosphäre ausgestellt gewesenen Wasser durch Kochen ausgeschiedene Luft besser als die gemeine fand: „Das Aufkeimen der Erbsen in kaltem Wasser ist grösstentheils dieser im Wasser enthaltenen Feuerluft zuzuschreiben. Füllt man ein Glas mit Wasser und legt einige Erbsen darein, so enthält das Wasser nach 24 Stunden zwar Luftsäure, aber keine Feuerluft; in gekochtem und kalt gewordenem Wasser schwellen die Erbsen nur wenig auf."

[18]) Saussure: *chemische Untersuchungen*, S. 11 u. ff. „Samen, welche unter einem Recipienten voll reinen Sauerstoffgases mit Hülfe des Wassers keimen, erzeugen unter einerlei Umständen eine weit grössere Menge kohlensauren Gases als solche, die unter einem Recipienten voll atmosphärischer Luft entwickelt werden. Die Kohlensäure scheint in allen Proportionen dem anfangenden Keimen nachtheilig zu sein; wenn man angefeuchteten Aetzkalk unter einen mit Luft gefüllten Recipienten, in welchem man die Samenkörner keimen lässt, bringt, auf solche Art indessen, dass sie mit dieser Erde nicht in Berührung kommen, so wird das Wachsthum ihres Würzelchens dadurch etwas beschleunigt. Eine Quantität kohlensaures Gas, so klein sie auch sein mag, der gemeinen Luft, worin die Samen sich entwickeln sollen, zugesetzt, hindert das Keimen mehr als eine gleiche Menge Wasserstoffgas oder Stickstoffgas.

[19]) Scheele: *Abhandlung von der Luft und dem Feuer.*

[20]) Ellis: *An inquiry into the changes induced on atmosph. air by germination* p. 15, J. f. pr. Ch. III. S. 124.

Digitized by Google

schwinden der Luft grösser sei als die Bildung der Kohlensäure. Nach den letzteren Versuchen würde der Sauerstoff also mit dem Samenkorne eine Verbindung eingehen, während er nach den ersteren nur bestimmt zu sein scheint, um dem Korne Kohlenstoff zu entziehen. Um über diesen Gegenstand mehr Klarheit und Sicherheit zu gewinnen, hat Saussure in neuerer Zeit wiederum genauere Versuche angestellt [21]), aus deren Detail man ersieht, dass, wenn

---

[21]) *Ueber die Veränderungen, welche die Luft durch das Keimen und durch die Gährung erleidet* (Biblioth. univers. Juin 1834. p. 113), J. f. pr. Ch. III. 123—136. — „Diese meine Beobachtungen zeigen, dass man aus dem Keimen in atmosphärischer Luft nicht eine allgemeine Regel für die Zerstörung von Sauerstoff und die relative Bildung von Kohlensäure für alle Samenkörner ziehen kann. Bei einigen, wie beim Weizen und Roggen, scheint die gebildete Kohlensäure dem Sauerstoff-Volumen gleich zu sein; bei andern, wie bei den Bohnen (*haricots*), ist die Menge der gebildeten Kohlensäure grösser, wieder bei andern ist das Umgekehrte der Fall. Diese entgegengesetzten Wirkungen kann man auch bei demselben Korne beobachten, wie bei den Bohnen (*fèves*), Lupinen, je nach der mehr oder weniger vorgeschrittenen Epoche des Keimens. In der ersten Epoche ist die Bildung der Kohlensäure beträchtlicher als die Sauerstoffconsumtion; in der zweiten ist dies umgekehrt. Man sieht wohl ein, dass im Fall, wo dasselbe Korn bei verschiedenen successiven Epochen entgegengesetzte Resultate zeigt, es eine Zwischen-Epoche geben muss, wo die Sauerstoffconsumtion der Bildung von Kohlensäure gleich ist. Auf diese Weise lassen sich die Widersprüche der verschiedenen Gelehrten erklären, welche bei ihren Beobachtungen die Umstände, unter welchen diese stattgefunden, nicht beschrieben haben. Die so eben angeführten und durch ihre Abweichungen merkwürdigen Resultate beziehen sich auf das Keimen in atmosphärischer Luft; sie zeigen nicht mehr diese Abweichung, wenn das Keimen in fast reinem Sauerstoffgase vor sich geht; in diesem Falle ist die Consumtion dieses Gases durch die vorhin angeführten Körner immer beträchtlicher als die Bildung der Kohlensäure. (Die durch Wasser aufgequellten und in reines Stickstoffgas gebrachten Körner können durch einen Anfang von Gährung eine kleine Menge Kohlensäure entwickeln, ohne dass sie dadurch die Fähigkeit, bei Berührung mit der Luft zu keimen, verlieren; sie verlieren diese nur durch eine im Stickstoffgase fortgesetzte Gährung.) Der Unterschied zwischen den Wirkungen des Keimens in atmosphärischer Luft und in Sauerstoffgas scheint von den Wirkungen, welche aus der freiwilligen Zersetzung mehrerer organischen Substanzen unter Einfluss des Wassers hervorgehen, abzuhängen. Diese Substanzen entwickeln dann in den von Sauerstoff leeren Mitteln die beiden Elemente der Kohlensäure, während sie nur den Kohlenstoff dieser Säure in einer Atmosphäre von Sauerstoff fahren lassen. Die entgegengesetzten Wirkungen, welche durch die Entwickelungen desselben Samenkornes in atmosphärischer Luft erzeugt werden, kann man auf die eine oder die andere der vorhin angegebenen Bedingungen beziehen; fängt das Samenkorn an sich zu öffnen, so kommt es zu wenig mit dem Sauerstoffe der Luft in Berührung, als dass es dem Einflusse des reinen Stickstoffgases, wodurch es die beiden Elemente der Kohlensäure entwickelt, entzogen würde; entwickelt sich das Samenkorn aber weiter, so bietet es der Luft eine hinreichende Oberfläche dar und verhält sich darin ebenso wie im Sauerstoffe. Diesen Betrachtungen zufolge und unter Berücksichtigung der Bestandtheile des Samenkornes, welche nicht allgesammt zu seiner

Digitized by Google

das Samenkorn den Sauerstoff aufnimmt, dieses nur, im Verhältniss mit der Bildung von Kohlensäure, in geringem Maasse geschieht; dass aber dennoch alle Samenkörner beim Keimen Sauerstoff festhalten oder absorbiren, sowohl im reinen Sauerstoffgase als in

---

Entwickelung nöthig sind, kann man annehmen, dass bei allen Keimungsprocessen, welche ich vorgenommen habe, sowohl mit reinem Sauerstoffgase als mit atmosphärischer Luft, Sauerstoffgas gebunden werde; dass dies aber in der Luft nicht immer merklich sei, weil die Samenkörner in diesem Falle Sauerstoff in der entwickelten Kohlensäure verloren haben, deren beide Elemente sie dann hergeben. — Alle Versuche, welche ich mit in atmosphärischer Luft keimenden Körnern gemacht habe, zeigen, dass sie deren Stickstoff in grösserem oder geringerem Maasse vermindern. Diese manchmal sehr bedeutende Verringerung ist andere Male wieder so gering, dass sie mit den Beobachtungsfehlern zusammen zu fallen scheint; die Beständigkeit der Resultate setzt uns aber über die Wirklichkeit dieser Absorption ausser allen Zweifel. Man könnte glauben, diese Absorption wäre einzig und allein die Wirkung einer von der Porosität herrührenden Einsaugung. Man muss aber bemerken, dass diese nur zum Theil dazu beiträgt, weil das keimende Samenkorn nach einem mehrtägigen Liegen an der Luft, oder während einer zur Sättigung mit Stickstoff hinreichenden Zeit doch nicht aufhört, dieses Gas zu absorbiren; man kann aber annehmen, dass die Porosität theilweise zu dieser Festhaltung beitrage, weil die Samenkörner, die ich untersucht habe, keinen Stickstoff in einer Atmosphäre absorbiren, worin der Sauerstoff in grösserem Maasse vorhanden ist als in der atmosphärischen Luft. So zeigt sich diese Condensation nur in geringem Grade bei Erbsen, welche in einer aus gleichen Theilen Sauerstoff und Stickstoff bestehenden Atmosphäre keimen. Man weiss aber, dass bei Absorptionen, welche von der Porosität herrühren, die Gegenwart eines Gases die Condensation eines andern Gases zum Theil verhindert. Verbinden wir diese Bemerkung mit der ersteren, so dürfen wir die Wirkung der Porosität nur als eine, die Festhaltung des Stickstoffs durch das keimende Samenkorn befördernde Nebenwirkung ansehen. — Ich habe gefunden, dass einige in Gährung befindliche Pflanzensubstanzen Stickstoff aus der sie umgebenden Luft absorbiren; von dieser Art sind Erbsen, denen ihre Fähigkeit zu keimen durch längeres Liegen unter Wasser entzogen worden war. Obgleich die Samenkörner, welche ich in der Luft keimen liess, nicht zu leiden schienen, so werde ich mich über diesen Gegenstand doch nicht näher einlassen, weil es immer unmöglich ist, bei einer lebenden Pflanze die Wirkungen ihrer Vegetation von denen einer Gährung, welche nur in solchen Theilen, die unserer Aufmerksamkeit entgehen, stattfinden kann, zu unterscheiden. — Ohne Zweifel wird man den Resultaten des Keimungsprocesses diejenigen der Vegetation der belaubten Pflanzen, wo die Absorption des Stickstoffs nicht wahrgenommen worden, entgegenstellen. Obgleich aber diese Absorption dabei gewiss zu schwach ist, als dass sie von Einfluss auf die ganze Entwickelung der Früchte der Pflanze sein könnte, so muss sie doch, in Bezug auf die belaubten Pflanzen, bis zu einem gewissen Punkte unentschieden bleiben; erstens, weil in verschlossenen Gefässen die belaubten Pflanzen weniger kräftig sind als die keimenden Samenkörner; zweitens, weil die Gestalt der Gefässe, in welchen die Keimungsversuche vorgenommen wurden, es gestattete, jede Volumensveränderung an der Keimungsatmosphäre zu bestimmen, was nicht möglich war bei den geräumigen Apparaten, welche zu den Versuchen mit den meisten belaubten Pflanzen dienten; drittens, weil sie in ihrem Innern eine grosse Menge Luft zurückhalten, deren Modificationen nicht zu bestimmen sind.“

Digitized by Google

atmosphärischer Luft, aber dass man diese Absorption in der Luft nicht immer bemerken kann, weil sie durch den in der Kohlensäure enthaltenen Sauerstoff verdeckt wird, welche erstere durch den Einfluss des Stickstoffs ausgetrieben wird, den, wie Saussure aus denselben Versuchen gefolgert hat, die Samen aus der atmosphärischen Luft absorbiren.

Nach Saussure's älteren Versuchen könnte man im Allgemeinen die beim Keimen auftretenden Erscheinungen auf eine Ausscheidung von Kohlensäure und Wasser zurückführen; nach den neueren Beobachtungen desselben Forschers jedoch scheint der Process nicht so einfach zu sein, wofür auch die Thatsache spricht, dass während des Keimens eine organische Säure auftritt, welche Becquerel für Essigsäure hält, jedoch wahrscheinlich Milchsäure ist [22]). Auch die analytischen Untersuchungen, die Boussingault [23]) über das Keimen angestellt hat, beweisen, dass die Ver-

---

[22]) Boussingault: *Landwirthsch.* Bd. I. S. 25.

[23]) Boussingault a. a. O. S. 26 u. ff. Versuche mit Kleesamen: bei 110° getrocknet, befeuchtet; nach dem Keimen, wenn die Wurzelchen eine Länge von ½ bis 1 Centim. erreicht hatten, wieder getrocknet und analysirt:

	C.	H.	O.	N.
Vor dem Keimen enthielten	2,405: 1,222	— 0,144	— 0,866	— 0,173
nach dem Keimen „	2,241: 1,154	— 0,141	— 0,767	— 0,179.

Der ganze Verlust bei dem Keimen betrug also 0,164 Grm., während der Verlust für den Kohlenstoff allein 0,068 ausmachte. Die Analyse zeigt übrigens, dass in diesem besondern Falle der Ueberschuss des übrigen Verlustes nicht ganz dem Wasser zuzuschreiben ist, weil er sich zum Theil als Kohlenoxydgas berechnen lässt; denn es erfordern, da Kohlenoxydgas Ċ und das Atomgewicht der Kohle 76,405 ist, 0,068 Kohlenstoff 0,089 Sauerstoff, welche 0,157 Kohlenoxyd bilden. Wäre der Versuch mit dem Kleesamen während der ersten Periode des Keimens in einem verschlossenen Gefässe vorgenommen worden, so würde sich das Volumen der Luft vermehrt haben, indem 1 Volumen Kohlenoxydgas + ½ Volumen Sauerstoffgas = 1 Volumen Kohlensäure ist. So ist denn klar, dass sich das Volumen der ganzen Luftmasse in dem abgeschiedenen Sauerstoffgase um die Hälfte des aus dem Korne entwickelten Volumens des Kohlenoxydgases vermehrt hat. Es ist vielleicht nicht unnöthig hierbei zu bemerken, dass diese Volumensvergrösserung, die im vorliegenden Falle ungefähr 64 Cb. C. betrug, im verschlossenen Gefäss gewiss unbemerkt geblieben wäre. Denn man hätte mehrere Liter atmosphärischer Luft nehmen müssen, um für die 2,4 Grm. ein zum Keimen günstiges Verhältniss herbeizuführen, und dann wäre wohl die Zunahme des Volumens ein zu kleiner Bruch gegen die gesammte Luftmasse gewesen, als dass sie mit einiger Genauigkeit hätte bestimmt werden können.

	C.	H.	O.	N.
2,439 Grm. Weizen vor dem Keimen:	1,137	— 0,141	— 1 077	— 0,084
2,365 „ „ nach „ „	1,111	— 0,140	— 1,026	— 0,088.

Nun geben wieder 0,025 Grm. Kohlenstoff mit 0,033 Grm. Sauerstoff 0,058 Grm. Kohlenoxydgas; es bleiben dann noch 0,019 Sauerstoff. Nun erfordern 0,001 Wasserstoff an Sauerstoff 0,008, um Wasser zu bilden; folglich ist nach Abzug des zur Bildung von Kohlenoxydgas und Wasser verwendeten Sauerstoffs noch 0,010 übrig geblieben. — Ist die Ent-

Digitized by Google

hältnisse, namentlich wenn das Keimen schon etwas weiter fortgeschritten ist, sehr verwickelt werden, dass nämlich in der ersten Periode des Keimens Kohlenoxydgas auszutreten, bei weiterer Entwickelung aber Kohlen- und Sauerstoff in einem weniger bestimmten Verhältnisse auszuscheiden scheinen.

In früherer Zeit glaubte man allgemein, dass das Licht dem Keimen der Pflanzen hinderlich sei, und Sennebier und Ingenhouss bestätigten scheinbar diese Ansicht durch von ihnen angestellte Versuche; jedoch hat auch hierin Saussure [24]) uns aufgeklärt, indem er durch neue Versuche zeigte, dass Samen im Lichte wie im Dunkeln gleich gut und schnell keimten, dass aber das Licht deswegen für nachtheilig gehalten worden sei, weil die mit demselben gewöhnlich verbundene höhere Temperatur ein Austrocknen des Samens veranlasse und so das Keimen etwas zu verzögern im Stande sei. Die Förderung des Keimens durch Licht und Wärme ergab sich ebenfalls aus den von Schnurrer [25]) mitgetheilten Beobachtungen.

Aus allen bisher angeführten Untersuchungen geht hervor, dass der Sauerstoff zur Einleitung und zum Fortgange des Keimprocesses unentbehrlich ist. Vermehrt man die Sauerstoffmenge in der umgebenden Luft, so keimen die Samenkörner, nach Saussure's neueren Untersuchungen [26]), schneller als in der atmosphä-

---

wickelung des Keimes schon etwas vorgeschritten, so werden die Verhältnisse ausserordentlich verwickelt, wie es natürlich ist, da in dem Maasse, als die grünen Theile der Pflanze sich entwickeln, eine neue und ganz verschiedene Thätigkeit hinzutritt, indem diese grünen Pflanzentheile die Kohlensäure unter dem Zutritt des Lichtes zersetzen und deren Kohlenstoff assimiliren. Diese Wirkung des grünen Pflanzenstoffes giebt sich schon zu erkennen, ehe noch die ursprüngliche ganz verschwunden ist, so dass in einer gewissen Periode zwei ganz entgegengesetzte Kräfte thätig sind. Die eine strebt, Kohlenstoff aus dem Samen auszuscheiden; die andre sucht Kohlenstoff zu binden. So lange die erstere überwiegt, verliert der Same noch Kohlenstoff; mit dem Erscheinen grüner Organe nimmt er wieder einen Theil auf; die zweite Kraft gewinnt allmählig an Stärke und überwiegt endlich die erstere und unter ihrem Einfluss wächst die Pflanze schnell fort, bis sie den Cyclus der Erscheinungen wieder schliesst. — Als der Keimprocess an Erbsen und Weizen weiter verfolgt wurde, bis deren Gewicht um die Hälfte abgenommen hatte, zeigte sich im Ganzen, dass sich der Verlust als Wasser, Ammoniak und reine Kohle berechnen liess; woraus man schliessen kann, dass der chemische Process beim Keimen in seiner anfänglichen Weise auch später noch fortgeht, wenn sich die organische Substanz des Samens zu einem Vegetabil umgestaltet, das zwar unvollkommen, doch die wesentlichen Theile, Wurzel, Stamm und Blätter enthält. Des Lichtes beraubt, lebt das zarte Pflänzchen so zu sagen negativ, indem es die Elementarbestandtheile des Samenkorns ausscheidet oder aushaucht.

[24]) Saussure: *chemische Untersuchungen*, S. 19 u. ff.

[25]) Schnurrer, siehe unten Anmerk. 34.

[26]) Die ältern Angaben in den *„chem. Untersuchungen“* etc. S. 19 lauten nämlich, wie folgt: „Ich habe nicht den geringsten Unter-

Digitized by Google

rischen Luft; der Unterschied ist jedoch sehr klein, und man kann ihn nur durch gleichzeitig angestellte Beobachtungen auffinden, sowie durch eine mittlere Beobachtung der Entwickelung der Samenkörner, welche man zu dieser Vergleichung anwendet. Francis Ford [27]) fand durch oftmals wiederholte Versuche, dass Blumen und Pflanzen überhaupt, die mit Wasser besprengt wurden, welches

---

schied in der Epoche des Keimens bei den Samen sehen können, wovon ich einige in atmosphärischer Luft, andere in Sauerstoffgas zum Keimen gebracht hatte. Ebenso wenig fand ich, dass Erbsen, Korn und Kresse, in freier Luft auf zwei Schwämme gelegt, deren einer mit sehr stark oxygenirtem Wasser, welches ich mittelst einer Compressionspumpe bereitet, und der andere mit gekochtem Wasser benetzt war, zu verschiedenen Zeiten gekeimt hätten; als ich den Versuch fortsetzte, indem ich die Wurzelchen in ausgekochtem und oxygenirtem Wasser erhielt, verlängerten sie sich auffallend weniger in dem letzteren. Man kann diese Wirkung zwei verschiedenen Ursachen zuschreiben; einmal, dass das reine Sauerstoffgas eine zu grosse Menge Kohlenstoff raube, und dann, dass das häufigere kohlensaure Gas dem Entwickeln nachtheilig sei. Ueberhaupt scheint dieses Gas den Vegetabilien nur in dem Maasse nützlich zu sein, als sie es zersetzen können; die Samen scheinen aber diese Zersetzung vor der Entwickelung ihres Blattfederchens nicht bewerkstelligen zu können." — Neuere Untersuchungen hat Saussure mitgetheilt in der Abhandlung: *Ueber die Veränderungen, welche die Luft durch das Keimen und durch die Gährung erleidet* (Bibl. univers. Juin 1834), J. f. pr. Ch. III. S. 134 u. ff. Vier trockene Erbsen, wiegend eine Gramme, wurden nach dem Aufweichen in Wasser 48 Stunden lang in Sauerstoffgas eingeschlossen. Thermom. 20°,5 C., Barom. 733 Mm. Derselbe Versuch wurde gleichzeitig in atmosphärischer Luft vorgenommen. Nach Verlauf von 18 Stunden waren die Wurzelchen der Erbsen im Sauerstoffgase im Mittel zwei Millimeter lang, während die Wurzelchen der Erbsen in atmosphärischer Luft kaum sichtbar wurden. Am Schlusse des Versuches waren die Wurzelchen im Sauerstoffgase 15 bis 23 Millim. lang, die in atmosphärischer Luft nur 12 bis 19 Millim.

A. Die Sauerstoffatmosphäre enthielt:

a) Vor dem Versuche:		b) Nach dem Versuche:	
Sauerstoffgas	194,7 Cb. C.	Sauerstoffgas	178,0 Cb. C.
Stickstoffgas	4,8 „	Kohlensaures Gas	15,0 „
	199,5 Cb. C.	Stickstoffgas	4,7 „
			197,7 Cb. C.

B. Die Atmosphäre der gewöhnlichen Luft enthielt:

a) Vor dem Versuche:		b) Nach dem Versuche:	
Stickstoffgas	161,2 Cb. C.	Stickstoffgas	160,17 Cb. C.
Sauerstoffgas	43,1 „	Sauerstoffgas	31,23 „
	204,3 Cb. C.	Kohlens. Gas	11,70 „
			203,10 Cb. C.

Man sieht, dass die Erbsen in der Sauerstoffatmosphäre 16,7 Cb. C. Sauerstoff verzehrten und 15,0 Cb. C. Kohlensäure bildeten, während sie in der Atmosphäre der gewöhnlichen Luft nur 11,87 Cb. C. Sauerstoff verzehrten, was von dem Volumen der gebildeten Kohlensäure nicht merklich abweicht. In der atmosphärischen Luft absorbirten sie 1,04 Cb. C. Stickstoff. — Die Versuche mit Weizen und Bohnen gaben ganz ähnliche Resultate.

[27]) Francis Ford; Scher. Journ. I. 331—332. 1798.

Digitized by Google

vorher sorgfältig mit Sauerstoffgas geschwängert worden war, üppiger und mit lebhafteren Farben aufgingen, als solche, die nur mit gewöhnlichem Wasser besprengt worden waren; und Hassenfratz[28]) wollte bemerkt haben, dass Schnee- und Regenwasser besonders heilsamen Einfluss auf die Vegetation ausübe, und schrieb dieses vorzüglich dem nicht unbeträchtlichen Gehalt dieser Substanzen an Sauerstoffgas zu; eine Behauptung, die jedoch von Carradori[29]) nicht bestätigt wurde, indem dieser in seinen Versuchen nicht bemerken konnte, dass der Schnee dem Erdreiche eine grössere positive Fruchtbarkeit ertheile, als das gewöhnliche Wasser.

In weit höherem Grade, als der freie Sauerstoff, scheinen gewisse oxydirende Stoffe oder solche, welche die Freiwerdung und Entwickelung des Sauerstoffes veranlassen, so dass dieser im Entstehungsmomente mit den keimenden Samen in Berührung treten kann, den Keimprocess kräftig zu unterstützen und zu beschleunigen. Ganz besonders bemerkenswerth ist in dieser Hinsicht die Wirkung des Chlors; Humboldt[30]), der das Verhalten dieses

---

[28]) Hassenfratz (Journ. de l'école polytechnique, Cah. IV. p. 570—76; und Bourguet's *neueste Beschäftigungen der Neufränk. Naturforscher*, Berlin 1797. S. 45—55), Scher. Journ. a. a. O.

[29]) Joach. Carradori: *Versuche und Beobachtungen, welche darthun, dass der Schnee dem Erdreiche keine positive Fruchtbarkeit ertheile;* Scher. Journ. IX. S. 626 u. ff. 1802. Das Schneewasser zeigte sich durchaus nicht wirksamer als Brunnenwasser. Er fand ferner, dass die des Sauerstoffes, wegen aufgehobener Communication mit der Luft, beraubten und in Wasser befindlichen Pflanzen ebenso gut fortwuchsen als die, wo dies nicht der Fall war, „welches äusserst merkwürdig ist, da sie doch wahrscheinlich den im Wasser enthaltenen Sauerstoff, durch Umwandlung ihres ausgehauchten Kohlenstoffes in Kohlensäure, zu ihrer Nahrung verwenden. Vielleicht ersetzen die Blätter den Sauerstoff, wenn das Wasser, welches die Pflanzen vermittelst der Wurzel ernährt, ihn nicht aus der Atmosphäre einsaugen kann; vielleicht setzt sich die dadurch in Umlauf gebrachte grössere Menge im Wasser ab und dient zur Erzeugung der Kohlensäure, welche alsdann wieder verschluckt wird."

[30]) Humboldt in seiner *Flora Fribergensis*, 1793; ferner in der Einleitung zu Ingenhouss: *Ueber Ernährung der Pflanzen* u. s. w., Scher. Journ. I. S. 565; und: *Versuche über die chemische Zerlegung des Luftkreises*, S. 236—249. Abschnitt: Ueber den Einfluss der oxygenirten Kochsalzsäure auf das Keimen der Pflanzen und einige damit verwandte Erscheinungen. Vgl. auch Scher. Journ. III. S. 261—263 u. IV. S. 185. — Boussingault, *Landwirthsch.* I. S. 32: Humboldt's Versuche wurden zunächst mit Samen von Kresse *(Lepidium sativum)* angestellt. Die Körner wurden in zwei Probirgläser gelegt, von denen das eine gewöhnliches Wasser, das andere Wasser mit absorbirtem Chlor enthielt. Die Probirgläser wurden in's Dunkle gestellt; die Temperatur war 15° R. In dem Glase mit dem chlorhaltigen Wasser erfolgte das Keimen in 6—7 Stunden; beim Wasser erst nach 36—38 Stunden. Im Chlor hatten die Wurzelchen nach 15 Stunden eine Länge von 1,5 Millim., während man sie bei den in's Wasser gelegten Körnern nach 20 Stunden kaum bemerkte.

Digitized by Google

Körpers zum Keimen zuerst näher beobachtete, nachdem Pajot [31]) schon 1791 die Wirkung desselben versucht hatte, bemerkte in mehr als hundert Versuchen, dass durch jenes Agens der Process des Keimens so sehr beschleunigt werde, dass in dem mit Chlor geschwängerten Wasser die ersten deutlichen Keime bereits in der 6. Stunde sich zeigen, während sie im reinen Wasser erst in der 32. deutlich werden. Die Beobachtungen Humboldt's wurden von Uslar, Rafn [32]), Ingenhouss [33]), Schnurrer [34]),

---

[31]) Scher. Journ. I. S. 335. „Im Jahre 1791 versuchte Pajot (s. Neues polytechnisches Magazin, B. I. 1798. S. 54—56) die Wirkung des mit vollkommener, gewöhnlich dephlogistisirt genannter, Salzsäure geschwängerten Wassers auf Pflanzen, welche ihm mit gutem Erfolg lohnten."

[32]) Von Uslar, Rafn; siehe in der Abhandlung von Schnurrer a. a. O.

[33]) Ingenhouss a. a. O.; Scher. Journ. I. S. 565. „Vorzüglich gross war der Effect der oxygenirten Salzsäure, in der die Getreidekörner schon in 48 Stunden sehr schön grünten. Auch bei der Befruchtung des Bodens mit derselben zeigte sich ihr wohlthätiger Einfluss."

[34]) *Beobachtungen über den Einfluss einiger oxydirter Substanzen auf das Keimen der Samen, nach der verschiedenen Beschaffenheit der letzteren und unter verschiedenen äussern Umständen*, von Dr. Fr. Schnurrer; Gehlen's Journ. für Ch. u. Ph. Bd. II. 1806. S. 56—76. — Schnurrer stellte als Ziel seiner Untersuchungen sich folgende Fragen: 1) inwiefern Verschiedenheit in den äussern Umständen, als: dem Wärmegrade, der Intensität des Lichtes u. s. w., den Erfolg abändern könne; 2) auf welche Weise und inwieweit die so sehr verschiedene Beschaffenheit der Samen, in Hinsicht auf Structur und Mischung, die Wirksamkeit des Sauerstoffs beim Keimen modificiren könne. — Aus den mit vielen verschiedenen Samen angestellten Versuchen folgerte der Verf. in Hinsicht auf die erste Aufgabe: 1) dass die oxydirte Salzsäure, ohne Mitwirkung des Lichtes und der Wärme, das Keimen nicht beschleunige, sondern vielmehr zurücksetze und, wenn sie zu reichlich angewandt wird, es gänzlich vernichte; 2) dass sie aber, wenn sie von Licht und Wärme unterstützt wird, dasselbe befördere und beschleunige. Sie vernichtet aber das Keimungsvermögen, weil sie die organische Structur und die Mischung zerstört; denn der Same wird sehr schnell gebleicht und, sobald dies geschehen ist, keimt er nicht mehr, was auch Lefebure beobachtete (a. a. O. S. 132), und diejenigen Samen, welche mit dichteren Häuten bekleidet sind, litten weniger davon. — Was aber diejenigen Versuche betrifft, in welchen wirklich Keimung, und zwar beschleunigte, stattfand, so möchte der Erfolg (wie Schnurrer nach der damaligen Ansicht über das Chlor oder die oxydirte Salzsäure sich ausdrückt) auf dreifache Weise sich ableiten lassen:

1) das Licht und ein höherer Wärmegrad reizen unmittelbar die Samen zum Keimen; dies wird auch dadurch bewiesen, dass z. B. der Ansatz und die Entwickelung der Augen vorzüglich vom Licht begünstigt wird, denn sie erscheinen an den ihm ausgesetzten Stellen stets häufiger, was man vorzüglich an den zapfentragenden Gewächsen gewahr wird, die nur an den Spitzen Knospen treiben, an den Seiten nur dann, wenn man durch Wegnahme der Nadeln dem Lichte Zutritt verschafft hat. Dasselbe gilt von der Wärme;

Digitized by Google

Einhof [35]) und vielen Andern wiederholt und vollkommen bestätigt gefunden, so dass die von Lefebure [36]) gemachte und allen andern entgegengesetzte Beobachtung, nach welcher das Keimen durch Chlor entweder gar unterdrückt oder doch nicht beschleunigt werde, kaum erwähnt zu werden verdiente, wenn nicht diese Behauptung in den Versuchen Schnurrer's vielleicht ihre Erklärung fände, da aus diesen hervorzugehen scheint, dass das Chlor auf

---

2) wirken das Licht und die Wärme auch mittelbar, indem sie die Verbindung des Sauerstoffs mit der Salzsäure schwächen und so die auf eben das Ziel wirkende Verwandtschaft des Kohlenstoffs der Samen mit jenem Sauerstoff unterstützen, wodurch der erste Anfang des Keimens, die Bildung der Kohlensäure, bewirkt wird. Der Sauerstoff scheint gewöhnlich nur dann das Keimen zu befördern, wenn ihm eine gewisse Menge Stickgas, wie in der atmosphärischen Luft, beigemengt ist, aber dasselbe nicht weiter zu beschleunigen, wenn es in grösserer Menge hinzukommt (Mém. sur la germination, par Huber, p. 37); woraus folgt, dass die vortheilhaftesten Wirkungen des Sauerstoffs an ein gewisses Verhältniss, oder einen bestimmten Grad der Intensität geknüpft sind, was durch die Verdünnung mittelst des beigemischten Stickgases erlangt wird;

3) befördern dieselben Agentien das Keimen auch dadurch, dass sie die Entweichung der während desselben gebildeten Kohlensäure beschleunigen.

Hinsichtlich der zweiten Aufgabe bemerkt der Verf.: Diejenigen Samen, denen die oxydirte Salzsäure und damit der Sauerstoff vorzüglich bekommt, sind die, welche scharfen Stoff enthalten, *Lepidium sattvum, Sinapis, Raphanus, Cepa;* bei diesen Samen ist nämlich die Haut dünner, der Nabel entblösst und die Cotyledonen stärker ausgebildet, und indem sie so wegen ihrer vollkommneren Structur reizbarer sein können, muss man sie auch einer stärkern Reaction fähig halten. — Weniger gedeihlich ist die oxydirte Salzsäure den schleimigen und mehligen Samen, als: von *Malva crispa*, *Secale cereale, Zea mays*, welches vielleicht in dem in diesen Samen vorhandenen Weissen und Dotter zu suchen ist, welche die Eigenschaft haben, während sie vielleicht Oxygen und Wärmestoff binden, zu zerfliessen und ein angemessenes Nahrungsmittel zu bilden, ehe noch der Embryo entwickelt ist und sein Gefängniss durchbricht. Die Erbse, deren Keimen selbst durch sehr concentrirte oxydirte Salzsäure nicht im mindesten gestört, aber auch niemals dadurch beschleunigt wurde, kann man als neutral ansehen, denn es ist bekannt, wie zähe diese Gattung ist, so dass sie in Wasser, welches auch nur eine äusserst geringe Menge atmosphärischer Luft enthält, zu keimen fähig ist. Humboldt behauptet, dass das Keimen der Erbsen beschleunigt worden, indessen bemerkt auch er, dass es nur in geringem Grade geschehen. — Die öligen Samen scheinen beim Keimen unter allen am wenigsten den Sauerstoff ertragen zu können, welches sich leicht daraus erklärt, dass das Oel bekanntlich durch Sauerstoff verdickt wird und sich dann langsamer in den Gefässen bewegt, woraus dann nothwendig Retardirung der Vegetation selbst folgen muss.

[35]) Einhof: *Bemerkungen über die Wirkung verschiedener Säuren, Salze u. s. w. auf die Vegetation;* Gehlen's N. A. Journ. d. Chem. Bd. III. S. 604. 1804.

[36]) Lefebure: *Experiences sur la germination des plantes;* à Paris, an IX; Gehl. Journ. Bd. II. S. 56. 1806.

Digitized by Google

verschiedene Samen einen gar sehr verschiedenen Einfluss ausübe. Schnurrer bemerkte nämlich zunächst, dass das Chlor nur bei Mitwirkung von Licht und Wärme das Keimen der Samen befördere, und ferner, dass diese Substanz namentlich auf solche Samen einen wohlthätigen Einfluss ausübe, welche einen scharfen Stoff enthalten, dass dagegen dasselbe Agens den schleimigen und mehligen Samen weniger gedeihlich sei, und dass es auf die öligen Samen schädlich einzuwirken scheine. Die Erbsen fand Schnurrer ganz indifferent gegen Chlor, das Keimen derselben wurde weder befördert noch verzögert; Humboldt behauptet freilich, dass das Keimen der Erbsen beschleunigt werde, indessen bemerkt auch er, dass dies nur in einem geringen Grade der Fall sei. In gleichem Maasse, wie das Chlor ein schnelleres Keimen bewirkt, hat es auch die Fähigkeit, alten Samen, die unter gewöhnlichen Umständen nicht mehr zum Keimen gebracht werden können, ihre frühere Keimkraft wiederzugeben; eine Thatsache, die, seitdem Humboldt auf dieselbe aufmerksam gemacht hat, durch zahlreiche Versuche vollkommne Bestätigung gefunden hat [37]).

Cantu [38]) hat im Jahre 1827 die Bemerkung gemacht, dass Jod eine ähnliche und selbst eine noch kräftigere Wirkung wie das Chlor auf das Keimen der Samen ausübe, und Blengini [39]) wies 1839 nach, dass dasselbe mit dem freien Brom sowohl als mit dem Brom- und Jodkalium der Fall sei, obgleich die letztern

---

[37]) Scherer's Journ. I. S. 565. Die Versuche von Ingenhouss geben eine neue Bestätigung der glücklichen Anwendung des Chlors als Vegetation beförderndes Mittel, die vorzüglich durch die vielfachen Versuche v. Humboldt's bereits ausser Zweifel gesetzt und seit der Zeit von Mehreren, z. B. von van der Schott zu Wien, zum Wiederaufleben verlegener Samen, die ohne sie nicht zum Keimen zu bringen waren, angewandt war. Dieses Mittel wirkt hierbei selbst auf die hartschaligsten Samenkapseln, z. B. die der *Guilandia* u. s. w. — Ferner Boussingault a. a. O. S. 33: In den botanischen Gärten von Berlin, Potsdam und Wien hat man das Chlor wegen dieser merkwürdigen Eigenschaft in Anwendung gezogen, indem man dadurch alte Samen zum Keimen brachte, an denen bisher Alles vergeblich versucht war. In Schönbrunn hatte man *Clusea rosea* nie zum Aufgehen bringen können; v. Humboldt gelang es. Er machte einen Teig von Braunstein, Wasser und Salzsäure, legte die Samen von *Clusea* hinein und setzte ihn dann einer Wärme von 62—75° C. aus.

[38]) Cantu; Journ. de Pharm. XXV. p. 28. 1839.

[39]) Domenico Blengini: *Ueber den Einfluss des Broms, des Brom- und Jodkaliums auf das Keimen;* Journ. de Pharm. a. a. O. p. 29. Blengini fand bei Anwendung von Brom eine kräftige Wirkung, die jedoch nicht ganz so energisch war wie beim Chlor und Jod. Derselbe hat ferner Brom, wie auch Jod und Chlor, in den Pflanzen aufgefunden, deren Keimung und Wachsthum unter dem Einfluss dieser Agentien vor sich ging. Blengini schliesst aus seinen Versuchen, dass, wenn Meerwasser und die jodhaltigen Schwefelwasser das Keimen und Wachsthum der Meerpflanzen befördern, dieses wenigstens zum grossen Theile den Brom- und Jodverbindungen, welche jene Wasser enthalten, zuzuschreiben sei.

Digitized by Google

Substanzen diesen Process in einem geringeren Grade zu beschleunigen fähig seien, als jene Stoffe in ihrem freien Zustande.

Säuren, wie z. B. Schwefelsäure, Salzsäure und Salpetersäure, scheinen ebenfalls, wie schon Ingenhouss bemerkte, unter gewissen Umständen das Aufkeimen der Samen und das Wachsthum der Pflanzen bedeutend zu vermehren; ein Verhalten, auf welches wir später bei Betrachtung der verschiedenen, die Vegetation befördernden Düngungsmittel zurückzukommen Gelegenheit haben werden.

Zweite Abtheilung.

Wachsthum und Ernährung der Pflanzen.

A. Aufnahme und Assimilation von organischen Stoffen und deren Elementen.

I. Ernährungsvermögen des Humus und der Humussäuren.

Zu allen Zeiten, auch schon ehe man mit Hülfe der neueren Entdeckungen auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie eine klarere und gründlichere Anschauung über das Wesen der Pflanzenernährung sich zu verschaffen im Stande war, hat eine einfache Betrachtung der sich entwickelnden und üppig gedeihenden Vegetation in den Forschern, welche die in der Natur thätigen Kräfte und das Lebendige der Schöpfung zum Gegenstande ihrer Beobachtung und ihres Nachdenkens machten, den Gedanken veranlasst und die Ueberzeugung befestigt, dass die Pflanzen ihre Nahrung nicht allein den Bestandtheilen des Bodens, an welchen sie gebunden sind, entnehmen können, sondern dass noch andere Quellen vorhanden sein müssen, die ihnen die Elemente zuführen, welche sie in sich aufnehmen und zu mannigfaltigen Verbindungen verarbeiten. Es bedurfte zur Erkennung dieser Wahrheit nicht erst des berühmten Versuches von van Helmont[40]) oder

---

[40]) Van Helmont; siehe in Braconnot's *Untersuchungen über die Assimilirungskraft der Gewächse* (Ann. de Chim. LXI. 187—246), Gehlen Journ. f. d. Ch. u. Ph. IX. S. 131 u. ff. 1810; u. Kirwan: *Von der Nahrung der Pflanzen;* Crell Ann. 1796. I. 229 u. ff. — Van Helmont pflanzte einen Weidenbaum, der 5 Pfd. wog, in einen mit 100 Pfd. Erde gefüllten und mit Bleiplatten bedeckten Kasten, begoss denselben nur mit destillirtem Wasser und fand, dass die Weide

Digitized by Google

Boyle's [41]), sowie Duhamel's und Bonnet's [42]) und Anderer Versuche, man brauchte nur den Wald zu betrachten, aus dem jährlich grosse Mengen Holz ausgeführt werden, während dasselbe immer wieder sich ergänzt, ohne dass dadurch der Boden ärmer wird an organischen Stoffen, sondern im Gegentheil die Quantität des in ihm vorhandenen Humus von Jahr zu Jahr sich vergrössert; man braucht nur zu bedenken, dass einer Wiese jährlich an Heu so bedeutende Quantitäten Kohlenstoff entzogen werden, ohne dass sie jemals durch Dünger denselben wieder zurückerhält; man braucht nur auf die oftmals üppige Vegetation von Moosen und andern Pflanzen oder auf die mächtigen Bäume den Blick zu richten, die auf kahlen Felsen und an Abhängen oder in Spalten und Rissen der Gesteine befestigt sind, wo kaum eine Spur von Pflanzenerde oder Humus sich bilden kann, ohne sogleich von den atmosphärischen Wassern in die Thäler hinuntergespült zu werden. Ganz einfache Berechnungen, wie solche in neueren Zeiten, namentlich von Liebig [43]), Chevandier [44]) u. A. angestellt worden sind,

---

nach 5 Jahren 119 Pfd. 3 Unzen an Gewicht zugenommen hatte, wogegen die Erde nur 3 Unzen verloren hatte.

[41]) Boyle; Gehlen Journ. a. a. O. Boyle, der in Erde, die in einem Ofen ausgetrocknet worden, Kürbisse zog, die mit Regenwasser begossen wurden, erhielt in einem Versuche eine Pflanze, die über 14 Pfd. wog, obwohl die wiederum getrocknete und gewogene Erde nicht merklich an Gewicht verloren hatte.

[42]) Duhamel u. Bonnet (a. a. O.) zogen Fruchtbäume in mit blossem destillirten Wasser begossenem Moose, das doch nichts Auflösliches abgeben kann.

[43]) Liebig: *Organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie;* 5. Aufl. S. 11 u. ff. — S. weiter unten Anmerk. 53.

[44]) E. Chevandier: *Untersuchungen über die Elementarzusammensetzung der verschiedenen Holzarten und über den jährlichen Ertrag eines Hectares Waldung* (Compt. rend. No. 4. 22. Janv. 1844), J. f. pr. Ch. XXXI. 441 u. ff. — Die Versuche führten zu den folgenden Resultaten:

1) die mittlere jährliche Production zweier Hochwaldungen von Buchen, in dem bunten Sandsteln belegen, beträgt ungefähr 9 Cubikmeter *(stères)* auf ein Hectare; 2) das mittlere Gewicht an trocknem Holz, welches in diesen Wäldern auf jedem Hectare erzeugt wird, beträgt 230,000 Kilogramme; 3) der Kohlenstoff, welcher in dem auf 1 Hectare erzeugten Holze enthalten ist, wiegt bis zu 1800 Kilogrammen; 4) das Gewicht des freien Wasserstoffs in derselben Menge Holz steigt bis zu 26 Kilogrammen, das des Stickstoffs bis zu 34 und das der Asche bis zu 50 Kilogrammen jährlich; 5) ein unter diesen Umständen wachsender Wald würde die über ihm befindliche Luftsäule in 9 Jahren ihrer Kohlensäure berauben.

Zwei fast vollkommen reine Buchenwaldungen sind während eines Zeitraumes von 69 und 58 Jahren genau beobachtet worden; nach den über die Menge an Stammholz in Cubikmetern und an Reisigbündeln (von 0,645 M. Umfang und 0,906 M. Länge), welche aus der Waldung herausgeschlagen war, entworfenen Tabellen ergiebt sich, dass der jährliche Anwachs für 1 Hectare betrug;

Digitized by Google

zeigen zur Genüge, und wir werden dieses in dem nächsten Capitel weiter verfolgen, eine wie bedeutende Quantität organischer Stoffe die Pflanzen den Bestandtheilen der Atmosphäre entnehmen müssen, da sie die Elemente jener Stoffe in dem Boden, an welchen sie mit ihren Wurzeln befestigt sind, nicht vorfinden.

So ausgemacht und gegenwärtig von Allen anerkannt es ist, dass die Pflanzen ihre Hauptnahrung der atmosphärischen Kohlen-

---

für die Waldung von Fesches: 9,224 Cubikm. und 86 Bündel,
„ „ „ „ Sandwoech: 9,617 „ „ 114 „

Wenn man nun aus den vorhandenen Analysen der betreffenden Holzarten das Mittel nimmt und hiernach die jährliche Production auf 1 Hectare berechnet, so erhält man:

	Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst.	Stickst.	Asche.
für les Fesches:	1754 K.	213 K.	1507 K.	33 K.	48 K.
für le Sandwoech:	1854 „	225 „	1586 „	36 „	53 „

Die über 1 Hectare befindliche Luftsäule enthält 16900 Kilogr. Kohlenstoff; man hat also $\frac{16900}{1800} = 9{,}39$. Es ergiebt sich hieraus, dass, wenn die ganze Oberfläche der Erde mit einer derjenigen dieser beiden Waldungen gleichen Vegetation bedeckt wäre und wenn die durch dieselbe absorbirte Kohlensäure nicht wieder ersetzt würde, nach Verlauf von 9 Jahren die Luft vollständig ihres Kohlensäuregehalts beraubt sein würde.

In diesen Waldungen fängt die Vegetation gegen Ende April an, um gegen Ende September wieder aufzuhören, wenn die Blätter anfangen gelb zu werden und abzufallen. Man kann also nicht mehr als 5 Monate oder 150 Tage für die Dauer der Vegetation rechnen. Während dieser Zeit wird also die Absorption an Kohlenstoff, welche jeden Tag zwischen dem Aufgange und Untergange der Sonne Statt hat, im Mittel betragen: $\frac{1800}{150} = 12$ Kilogramme. Wenn man nun eine Luftsäule annimmt, welche dieselbe Basis und Höhe wie die Bäume hat, es sei 1 Hectare Basis und 20 Meter Höhe, so wird die Quantität Kohlenstoff, welche in dieser Säule enthalten ist, nachdem man $\frac{1}{3}$ für den von den Bäumen eingenommenen Raum abzieht, gleich 32 Kilogrammen sein. Wenn also die Luftsäule, welche den Wald einschliesst, während eines ganzen Tages unbeweglich bliebe, so würde sie $\frac{1}{32}$ oder ungefähr $\frac{1}{30}$ ihres Kohlensäuregehaltes verlieren.

Man sieht aus dieser Berechnung, wie wichtig es für die Vegetation der Wälder ist, die Circulation der Luft in denselben zu erleichtern, damit durch eine beständige Erneuerung derselben den Bäumen immer eine möglichst grosse Menge Kohlensäure dargeboten wird. Es folgt ferner aus dieser Berechnung, dass, wenn man ein constantes Wachsthum in den verschiedenen Altern annimmt und übrigens alle Verhältnisse sich gleich bleiben, die Menge der Kohlensäure, welche der Luft entzogen wird, in einem umgekehrten Verhältniss stehen wird zu der Höhe der Bäume, das heisst, dass, wenn der Wald nur eine Höhe von 10 Metern gehabt hätte, sein Wachsthum eine zweimal so starke Absorption an Kohlensäure bedingt hätte. Wenn man die Höhen immer kleiner annimmt, so wird man zu einem Punkte gelangen, wo die Absorption an Kohlenstoff gleich ist oder selbst grösser als die in der den Wald einhüllenden Luftsäule enthaltene Menge. Dies erklärt, warum das Wachsthum im Allgemeinen sich mit dem Alter vermehrt, sobald die für die Vegetation bestimmte Gränze noch nicht überschritten ist; aber man kann auch daraus ersehen, dass man durch häufige und geschickt angeordnete Lichtungen während der Jugend der Wälder zum grossen Theile diese Differenz ausgleichen wird.

Digitized by Google

säure verdanken, und dass Pflanzen existiren, die allein auf Kosten dieser sich entwickeln und gedeihen und hinsichtlich ihrer organischen Bestandtheile von dem Boden gänzlich unabhängig sind, wie schon aus der Betrachtung sich ergiebt, dass die ersten Pflanzen, als sie auf unsrer Erde zu keimen und zu wachsen anfingen, keinen Humus, der erst ein Product der Vegetation ist [45]), vorfanden und also allein der sie umgebenden Luft die Elemente entnehmen konnten, welche ihnen zur Bildung ihrer mannigfaltigen organischen Verbindungen unentbehrlich sind; so wahr dieses ist, so müssen wir hier doch eine andere wichtige, aber keineswegs noch genügend entschiedene und gelöste Frage einer näheren Betrachtung unterwerfen, ob nämlich der Humus oder die Humussäure unter allen Umständen, wie in neuerer Zeit Liebig besonders wahrscheinlich zu machen gesucht hat, als solche unfähig sei, zur Ernährung der Gewächse beizutragen, und nur in Folge ihrer Zersetzung in Kohlensäure die Vegetation zu fördern im Stande sei, oder ob der Humus allerdings unmittelbar von den meisten und namentlich unsern Culturpflanzen aufgenommen und assimilirt werde, und wenn auch die Quantität der auf dem letztern Wege den Pflanzen zugeführten Nahrung im Vergleich mit jener andern gering sei, dennoch ihnen ebenso unentbehrlich sein müsse, als das Kochsalz es ist zur Unterhaltung des thierischen Lebens [46]).

Wie in neuerer Zeit diese Frage vielfach der Gegenstand eines lebhaften Streites und zahlreicher Untersuchungen geworden ist, sind auch schon früher und schon um die Mitte oder gegen Ende des vorigen Jahrhunderts, als die organische Chemie und somit auch die Physiologie der Pflanzen und der Thiere noch in ihrer Kindheit sich befand, die Ansichten hierüber getheilt gewesen. Schon Fagraeus bemerkt [47]), dass die Nahrung der Pflanzen in feinen, flüchtigen und luftigen Stoffen bestehen muss, die ähnlicher Art sind als die, welche durch die Gährung thierischer und vegetabilischer Substanzen sich bilden; Parmentier [48]) ferner

---

[45]) S. den Abschnitt *über Entstehung der Ackerkrume*, S. 86 u. ff.

[46]) Mulder: *physiolog. Chemie*, S. 713.

[47]) Fagraeus: *Vom Nutzen gährender Stoffe beim Ackerbau*; (Kongl. Vetensk. Acad. Nya Handlingar, för Oct., Nov., Dec. 1783. S. 249—256), Crell Ann. 1785. II. S. 50—57.

[48]) Parmentier: *Ueber die Natur und Wirkungsart der Düngungsmittel* (Ann. de Chim. t. XI. p. 278), Crell Ann. 1795. II. S. 227—245. — Es heisst unter Anderm: „Man kann jetzt leicht von den Wirkungen des Kohlenstaubes, Gassenkehrichts und unverfaulten Strohes, welche man auf dem Erdreich während anhaltender Trockniss mit offenbarem Vortheil verbreitet, Rechenschaft geben: sie dienen, als mechanische Mittel, die Zerstreuung der Feuchtigkeit zu hindern, sie zurückzuhalten und sie zu veranlassen, die Gasgestalt anzunehmen, unter welcher sie bei der Vegetation eine so grosse Rolle spielt. Wird durch den Einfluss der Säfte und der Elektricität das Wasser zersetzt, so ist's nicht zu verwundern, dass es fast allein die festen und flüssigen Theile der Pflanzen ausmachen kann, indem sie zugleich aus der Atmosphäre den Koh-

Digitized by Google

nimmt an, dass „die Substanzen, welche das Gewebe der Pflanzen ausmachen, nur Producte der Zerlegung der Luft und des Wassers und Zusammensetzungen aus den Bestandtheilen dieser beiden Flüssigkeiten sind, welche durch die Kraft genauer bestimmt werden, die in den Samen sich befindet und aus diesen in die Pflanze übergeht;“ aber besonders Sennebier und Ingenhouss, auf deren Versuche und Ansichten wir in dem folgenden Capitel zurückkommen werden, vertraten schon am Ende des vorigen Jahrhunderts die durch diese Männer ziemlich allgemein verbreitete Ansicht, dass die Pflanze ihre Nahrung zum grossen Theile, wenn nicht allein, aus der Atmosphäre entnehme, indem sie die Kohlensäure der letztern zersetze, und dass der Dünger oder Humus hauptsächlich dadurch vortheilhaft einwirke, dass er Kohlensäure liefert; nicht aber dadurch, dass dessen Kohlenstoff, wie Hassenfratz[49]) und mit ihm Kirwan[50]) und Andere vermutheten, unmittelbar in die Pflanzen übergehe und von ihnen assimilirt werde.

---

lenstoff hernehmen, dessen sie bedürfen, um ihre wesentlichsten Eigenschaften dadurch zu erhalten, u. s. w.“

[49]) J. H. Hassenfratz: *Erste Abhandlung über die Ernährung der Pflanzen* (Ann. de Chim. t. XIII. p. 178; gelesen im Febr. 1792), Crell Ann. 1796. I. 268—276. — H. suchte in dieser ersten Abhandlung durch analytische Versuche mit Hyacinthenzwiebeln, Bohnen und Kressensamen, die er theils in Berührung mit Wasser, theils auf einem Geflechte von übersilbertem Kupferdraht und Uebergiessen mit Wasser vegetiren liess, nachzuweisen, dass die Entwickelung der Pflanzen, bei ihrem Wachsthum in Wasser und Luft allein, durch das Wasser bewirkt wird, welches sich mit den Bestandtheilen des Elements (Samens) verband, das man zur Entwickelung gebracht hat; und dass der in allen Theilen der Entwickelung enthaltene Kohlenstoff (als z. B. in den Blättern, Zweigen, Wurzeln u. s. w.) von dem Elemente hergegeben und durch das Wasser allen den Theilen während des Wachsthums zugeführt ist. *Zweite Abhandlung*, ebds. 347—356. „Es folgt aus den Erfahrungen über den Wärmestoff, der durch das Wachsthum der Pflanzen entbunden ist, und über die geringe Entbindung des Sauerstoffs aus den Pflanzen in längerer Zeit als einem Monate, dass die Kohlensäure nicht die Substanz ist, deren die Pflanzen sich bedienen, um den Kohlenstoff, der einer ihrer Bestandtheile ist, zu vermehren.“ *Dritte Abhandlung*, Crell Ann. 1796. II. S. 605—611. Versuche und Betrachtungen führten Hassenfratz zu der folgenden Behauptung: „Unter allen den Erklärungsarten über den Zuwachs des Kohlenstoffs in den Pflanzen durch die Vegetation selbst ist also diejenige, welche ein weniger mittelbares Verhältniss mit den Düngmitteln hat und welche sich am besten mit allen den bekannten Thatsachen vereinigen lässt, noch immer die beste, dass nämlich die Kohle im Wasser aufgelöst und von den Wurzeln eingesogen und in dem Innern der Pflanzen abgesetzt werde, und dass folglich die im Wasser aufgelöste Kohle eine der, die Pflanzen vermehrenden, Substanzen sei.“

[50]) Kirwan: *Welches sind die Düngarten, die für die verschiedenen Arten der Aecker am zuträglichsten sind?* und *welches sind die Ursachen ihres wohlthätigen Einflusses in jedem besondern Falle?* Crell Ann. 1796. I. 221—239. „Kohle erfolgt nicht blos als Ueberrest von allen Pflanzen, welche eine langsame und gedämpfte Verbrennung erlitten haben (d. h. zu welchen der freie Zutritt der Luft

Digitized by Google

Versuche, welche über die Richtigkeit der einen oder andern Ansicht entscheiden könnten, sind schwierig anzustellen; man kann fast nur aus allgemeinen Beobachtungen und Erfahrungen Gründe aufstellen für oder gegen jene Meinungen. Wir werden hier zunächst die von Liebig zusammengestellten Thatsachen, welche das absolute Unvermögen des Humus, direct die Pflanzen zu ernähren, beweisen sollen, in der Kürze mittheilen und sodann die von seinen Gegnern beigebrachten Einwürfe und über diesen Gegenstand ausgeführten Versuche näher erörtern, indem die älteren Versuche von Saussure, Sprengel, Lampadius[51]) u. A. keine

---

verhindert worden ist), sondern auch von allen faulenden Pflanzen- und Thier-Körpern; daher wird sie in Pflanzen- und thierischen Düngarten, welche in Fäulniss gerathen sind, gefunden, und sie ist der wahre Grund ihres wohlthätigen Einflusses." — „Jedoch giebt nicht blos das Land den Kohlenstoff, sondern auch die fixe Luft führt ihn herbei, die theils mit Erdarten verbunden ist, theils auch unaufhörlich durch verschiedene Arbeiten der Natur entbunden wird und bald, wegen ihres schweren eigenthümlichen Gewichtes, niederfällt und dann auf den Aeckern verdichtet oder mechanisch von ihnen aufgesogen wird, oder im Thaue enthalten ist." — „Hieraus können wir einsehen, wie Aecker unfruchtbar und erschöpft werden, da dies nämlich grossentheils die Folge von dem stufenweisen Verluste des kohlenartigen Bestandtheils ist, der von Pflanzen- und Thier-Dünger abgesetzt war und von den Aeckern in die wachsenden Pflanzen eindrang; u. s. w."

[51]) Eine neuere Beobachtung von Lampadius mag hier mitgetheilt werden: *Ueber die chemische Beschaffenheit des Wassers, welches in aufgeschossten Sellerieplanzen gefunden wurde;* J. f. pr. Ch. IX. 143—148. „Am 18. Oct. schnitt ich die Sellerieplanzen *(Apium graveolens)* ab und bemerkte in dem Stengel derselben zwischen den ersten 2—3 Blattansätzen von der Erde an eine nicht unbedeutende Menge Wasser. Aus meinen mit demselben angestellten Prüfungen ergiebt sich auch ohne quantitative Analyse, zu welcher mir die nöthige Menge fehlte, 1) dass das in den Stengeln der Sellerieplanze eingeschlossene Wasser *reich an nicht organischen Stoffen*, welche, durch die Wurzeln im Wasser gelöst, den Pflanzen zugeführt wurden, sei. Diese sind: Schwefelsäure, Salzsäure (Chlor), Phosphorsäure, Salpetersäure, Kohlensäure, Kali, Natron, Ammoniak, Kalkerde, Talkerde und Spuren von Kieselerde (Eisen- und Manganoxydul, die sich in der Asche der verbrannten Sellerieplanzen finden, konnten in dem Wasser nicht entdeckt werden). Alle diese Bestandtheile konnten die Wurzeln des Sellerles in den Beeten meines Gartens finden. Die Salpetersäure mag sich wohl in dem faulenden Boden erzeugt haben. Die Humussäure trat aus dem Humusdünger ebenfalls ein. Es ergiebt sich ferner, 2) dass das in Rede stehende Wasser noch arm an organischen Gebilden der Pflanze ist. Es zeigten sich nur Spuren von einer organischen Säure, von Eiweiss und flüchtigem Oele. Ueberhaupt aber bestätigen wohl die vorstehenden Versuche und Beobachtungen, dass die Wurzeln dem Boden die den Pflanzen nöthigen Mineralstoffe, sowie humussaure Verbindungen im Wasser gelöst, entnehmen und dass diese Lösung, dem Marke der Sellerieröhren zugeführt, durch Lebenskraft in demselben aufsteigt, sich durch das Mark der Scheidewände allmählig durchzieht, durch diese aber am Zurückfallen gehindert wird. Bei diesem Aufenthalt der Lösung in der Markröhre fängt nun zwar schon, aber schwach, die Bildung organischer Stoffe, unter Mitwirkung

Digitized by Google

ausführliche Erwähnung zu verdienen scheinen, da sie zur directen Entscheidung der hier gestellten Frage nur wenig oder nichts beitragen möchten. Liebig hat sich unstreitig das Verdienst erworben, eine Frage von Neuem in Anregung gebracht zu haben, deren Lösung einen entschiedenen Einfluss auf die Behandlung der Pflanzenphysiologie und der rationellen Landwirthschaft ausüben muss; und wenn man auch den von ihm beigebrachten Gründen keine vollkommne Beweiskraft beilegen will, so muss man doch eingestehen, dass sie den unmittelbaren Einfluss des Humus auf die Ernährung der Pflanzen, von welchem man in früherer Zeit so sehr überzeugt war, dass man jeden Beweis für unnöthig erachtete, in sehr enge Schranken verwiesen haben. Dass deswegen der organische Dünger, als eine reiche Quelle von Kohlenstoff, Stickstoff und Mineralstoffen, in der Cultur der Pflanzen nicht überflüssig wird, davon werden wir weiter unten uns überzeugen können. Liebig macht zunächst auf die Unlöslichkeit der freien Humussäure aufmerksam [52]) und die Unmöglichkeit, als solche von den Pflanzen aufgenommen zu werden; durch Kalk oder Alkalien wird freilich diese Auflöslichkeit vermittelt, und man hat deshalb angenommen, dass der Kalk oder die Alkalien, die man in der Asche der Pflanzen wiederfindet, die Humussäure in diese hineingeführt und die Assimilation derselben bewirkt haben; die Menge dieser Basen ist aber so gering, dass die Quantität an Humussäure und folglich Kohlenstoff, die auf diese Weise zur Nahrung der Pflanzen beitragen könnte, nur höchst unbedeutend ist und nur einen kleinen Theil dessen ausmacht, was überhaupt von der Pflanze während ihres Wachsthums assimilirt wird [53]). Selbst wenn man annehmen wollte, dass die

---

gung der Atmosphärilien durch die Blätter, an. Sie wird fortgesetzt in dem Zellgewebe, welches durch das Mark, sowie durch die Rinde genährt wird, und nun folgen die uns noch immer räthselhaft erscheinenden Ablagerungen der näheren Bestandtheile in den verschiedenen Organen der Pflanze."

[52]) Liebig: *Organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie;* 5te Aufl. S. 10. — Die Humussäure löst sich nach Sprengel, wenn sie frisch niedergeschlagen ist, bei 80° C. in 2500 Th. Wasser; trocknet sie aber an der Luft oder gefriert das Wasser, was sie enthält, so wird sie ganz unlöslich. Kaltes Wasser zieht aus guter Acker- und Dammerde nicht $\frac{1}{1000}$ an löslichen organischen Materien aus, und die Flüssigkeit ist nicht braun, sondern klar und ungefärbt; ebenso verhält sich nach Berzelius vermodertes Eichenholz, welches grossentheils aus Humussäure besteht.

[53]) Liebig a. a. O. S. 11 u. ff. „Nehmen wir an, dass alle Basen, welche die Asche enthält, eine gleiche Sättigungscapacität haben mit dem Kalke, dessen Verbindung mit Humussäure am reichsten an organischer Substanz ist, so wissen wir von Berthier, dass z. B. 1000 Pfd. trocknes Tannenholz 8,3 Pfd. reine kohlenfreie Asche liefern, und dass 100 Pfd. dieser Asche im Ganzen, nach Abzug des Chlorkaliums, kieselsauren und schwefelsauren Kali's, 46,1 Pfd. basische Metalloxyde, Kali, Natron, Kalk, Bittererde, Eisen- und Manganoxydul zusammengenommen, enthalten. 2500 Quadratmeter Wald (= 40,000 Quadrat-

Digitized by Google

ganze während des Sommers auf einen Acker fallende Regenmenge sich mit dem humusreichsten Salze, dem humussauren Kalke nämlich, sättigte, und dass diese ganze Quantität von der Sommerfrucht assimilirt würde, so würde der hierdurch gewonnene Kohlenstoff doch noch bei weitem nicht hinreichen zu Producirung der organischen Substanz, die wir bei der Ernte auf diesem Felde finden [54]). Ferner sehen wir auf Flächen, die hinsichtlich ihrer Beschaffenheit und der Bedingungen des Wachsthums der Pflanzen ausserordentlich verschieden sind, fast gleiche Quantitäten Kohlenstoff sich ansammeln [55]). Dem Culturlande wird jährlich die weggenommene Kohlenstoffmenge wenigstens zum Theil durch den Dünger wieder ersetzt, aber dennoch bringt dieses Land nicht mehr Kohlenstoff hervor als die Wiese und der Wald, wo er nie ersetzt wird. „Ist es denkbar," sagt Liebig, „dass die Gesetze der Ernährung der Pflanze durch die Cultur geändert werden können, dass für das Getreide und die Futtergewächse andere Quellen des Kohlenstoffs existiren als für das Gras und die Bäume in den Wiesen und Wäldern?" Und ferner [56]): „Smithson, Jameson und Thomson fanden, dass die schwarzen Ausschwitzungen von kranken Ulmen, Eichen und Rosskastanien aus Humussäure in Verbindung mit Alkalien bestehen. Berzelius fand ähnliche Materien in den meisten Baumrinden. Kann man nun in der That voraussetzen, dass die kranken Organe einer Pflanze diejenige Materie zu erzeugen vermögen, der man die Fähigkeit zuschreibt, das Leben dieser Pflanze, ihr Gedeihen zu unterhalten?"

Diese von Liebig mitgetheilten Thatsachen und Betrachtun-

---

fuss hess. = 1 Morgen) liefern nun jährlich mittlern Ertrag 2650 Pfd. Tannenholz (nach der Angabe von Prof. Dr. Heyer zu Giessen), welche im Ganzen 10,07 Pfd. basische Metalloxyde enthalten. Nach den Bestimmungen von Malaguti und Sprengel verbindet sich 1 Pfd. Kalk mit 10,9 Pfd. Humussäure; es sind mithin durch diese Basen 111,0 Pfd. Humussäure in die Bäume übergegangen, und diese entsprechen — ihr Gehalt an Kohlenstoff zu 58 Proc. angenommen — der Bildung von 165 Pfd. lufttrocknem Holz. Es sind aber auf diesem Lande 2650 Pfd. lufttrocknes Holz producirt worden." Ebenso würde man aus der Asche des Weizenstrohes die Menge der Humussäure, welche der Pflanze durch die basischen Metalloxyde zugeführt werden könnte, zu 57½ Pfd. berechnen, entsprechend 85 Pfd. Holzfaser. Es wurden aber auf dieser Fläche, ausser Wurzeln und Körner, 1780 Pfd. Strob producirt.

[54]) Liebig a. a. O. Auf einen Morgen Landes fallen nach Schübler, bei Erfurt z. B., in den Monaten April — Juni, 700,000 Pfd. Regenwasser; diese können 350 Pfd. Humussäure auflösen; es wachsen aber auf diesem Felde 2580 Pfd. Getreide (die Wurzeln nicht gerechnet) oder 20,000 Pfd. Runkelrüben (ohne die Blätter und kleinen Wurzeln).

[55]) Liebig a. a. O. S. 15. 2500 Quadratmeter oder 1 Morgen Wald bringt an Kohlenstoff jährlich nach genauen Berechnungen 1007 Pfd.; eine gleiche Fläche Wiese 1018 Pfd.; Culturland Runkelrüben ohne Blätter 880 Pfd. und Getreide 1044 Pfd.

[56]) Liebig a. a. O. S. 29.

Digitized by Google

gen haben, wie bereits angeführt wurde, allerdings keine vollkommne Beweiskraft für die absolute Unfähigkeit der Humussäure, die Pflanzen direct mit Nahrung zu versorgen, da von Liebig zur Bekräftigung seiner Ansicht keine speciellen Versuche über das Ernährungsvermögen der Humussäure angestellt worden sind, welche mit hinlänglicher Sicherheit auszuführen in der That auch schwierig zu sein scheint, da die dazu erforderlichen quantitativen Bestimmungen der Gewichtszunahme der Pflanze oder des Gewichtsverlustes des angewandten Humusextractes nicht gut mit Genauigkeit auszuführen sind; jedoch sind dergleichen directe Versuche in neuerer Zeit von Hartig, de Saussure und von Wiegmann und Polstorff ausgeführt worden, aus denen man folgern könnte, dass die Humussäure nicht als solche von den Pflanzen aufgenommen wird, obgleich de Saussure aus den Resultaten seiner Versuche den entgegengesetzten Schluss ableitet. Hartig [57]) liess junge Bohnenpflanzen in Auflösungen von humussauren Alkalien vegetiren und bemerkte, dass die Wurzeln das Wasser aufnahmen mit Zurücklassung der Humuslösung. Saussure [58]) vermuthet,

---

[57]) Th. Hartig: *Ueber Ernährung der Pflanzen;* Liebig a. a. O. Iste Aufl., S. 190 u. ff. — Vier grössere Glascylinder wurden mit einer Auflösung sogenannter Humussäure aus Dammerde in Kali gefüllt, und zwar befand sich in dem ersten Glase eine sehr concentrirte Lösung und in jedem der folgenden Gläser war die in dem vorhergehenden Glase um die Hälfte verdünnt. Es zeigte sich ein verhältnissmässig kräftigeres und rascheres Wachsen der Bohnenpflänzchen, *je mehr* Humus die Auflösung enthielt. — Ferner wurden sehr kleine Glascylinder von 3 Zoll Länge, 4 Linien innerem Durchmesser und 0,35 Loth Wassergehalt mit einer Lösung von humussaurem Kali gefüllt, in welcher 0,057 Proc. des Wassergewichtes oder in 0,35 Loth 0,0002 Loth trocknes humussaures Kali aufgelöst waren. In die gefüllten Cylinder wurden kleine Bohnenpflänzchen gebracht, welche freudig wuchsen und bald eine Menge Wurzeln entwickelten. In den ersten 14 Tagen wurde täglich die Hälfte der stets durch destillirtes Wasser ergänzten Flüssigkeit, in den folgenden 14 Tagen, von Morgens 5½ Uhr bis Abends 7 Uhr, ¾, in der Nacht ¼ derselben, binnen 24 Stunden daher durchschnittlich die ganze Wassermasse des Gefässes, das *Doppelte des Gewichtes der Pflanzen* betragend, von den Wurzeln derselben eingesogen. Die Gewichtszunahme der einzelnen Pflanzen während der einmonatlichen Versuchszeit betrug 0,1076 Loth. Die Pflanzen hatten eine Höhe von 5 Zoll und eine Stammdicke von 1½ Par. Linien erreicht. Nach Verlauf eines Monats wurde die Flüssigkeit, welche bei gleicher Verdünnung die ursprüngliche Färbung beibehalten hatte, untersucht und es ergab sich eine Verminderung der Humusmenge von 0,0001 Loth. Diese höchst unbedeutende Verminderung rührt theils daher, dass sich etwas Humussäure an den Wurzeln der Pflanzen flockig niedergeschlagen hatte. Wollte man annehmen, dass die Hälfte der Verminderung = 0,00005 Loth von den Wurzeln wirklich aufgesogen, nicht durch Bildung von Kohlensäure verschwunden sei, so ist dennoch die Menge im Verhältniss zur Gewicht- und Volumvermehrung der Pflanzen so gering, dass man sie füglich als unwesentlich beim Ernährungsprocesse ausser Acht lassen kann. — Ein gleiches Resultat gaben die Versuche mit humussaurem Ammoniak und mit humussaurem Natron.

[58]) *Ueber die Ernährung der Pflanzen*, von Th. de Saussure;

dass die Wurzeln der von Hartig verwendeten Pflanzen nicht ganz gesund gewesen seien, da sie in zu enge Gläschen einge-

---

Lieb. Ann. XLII. 275—291. (Bibl. univers. t. XXXVI. p. 430.) „Können die ternären oder quaternären organischen Substanzen (Humus und die in fruchtbarer Erde enthaltenen, in Wasser löslichen, organischen Materien), nachdem sie durch die Wurzeln der Pflanzen absorbirt worden, von letzteren assimilirt werden?

Schon die Absorption dieser Substanzen wird von einigen Schriftstellern, vorzüglich von Hartig in der organischen Chemie, von Liebig (1ste Aufl.) geläugnet. Die Beschreibung der Versuche von Hartig lässt vermuthen, dass die Wurzeln der Pflanze, die er zu seinen Versuchen verwendete, nicht gesund waren, 1) weil, während die Stengel eine Höhe von 135 Millimetres erreichten, die Wurzeln in einer Röhre von 9 Millimetres Duchmesser und 81 Millimetres Höhe zusammengedrückt waren; 2) weil sie der Einwirkung der Luft ausgesetzt blieben, nachdem sie zum grossen Theil die in der Röhre enthaltene Flüssigkeit erschöpft hatten; 3) weil die schwarze Farbe ihrer Enden anzeigte, dass sie in einem Zustand von Zersetzung waren.

Ich habe diese Versuche wiederholt, indem ich ein ähnliches Verfahren beobachtete, wobei ich aber die angeführten Nachtheile vermieden habe.

Es wurde die Wurzel der Pflanze in ein Proberöhrchen von 22 Millimetres Durchmesser und 150 Höhe gebracht, welches eine Auflösung von Humus in kohlensaurem Kali enthielt; zur Seite wurde ein gleiches Gefäss mit einer Auflösung des humussauren Salzes gestellt, um zu beobachten, welche Veränderung dieselbe ohne Pflanze, durch Verdunstung und die Einwirkung der Luft erleiden würde. Eine Bohnenpflanze hatte nach 14 Tagen 6 Grammen an Gewicht zugenommen, und die Auflösung 2 Centigrammen humussaures Kali, welche 9 Milligrammen Humus enthielten, verloren; eine Pflanze des gemeinen Knöterig *(Polygonum persicaria)* hatte nach 10 Tagen 3¼ Grammen an Gewicht zugenommen und die Auflösung 0,352 Grammen humussaures Salz, welche 43 Milligrammen enthielten, verloren. Dieselbe Pflanze vegetirte in einem Extract von Dammerde und war nach 9 Tagen um 7 Centimeter länger geworden und hatte lange weisse Wurzeln getrieben; das in der Flüssigkeit enthaltene Dammerdeextract hatte während dieser Zeit um 6 Milligr. an Gewicht verloren.

Bei einigen meiner Versuche über die Absorption der organischen Extracte hatten die Wurzeln gelitten; in diesem Falle wurden sie schwarz, besonders an den Enden; die Lösungen wurden nicht entfärbt, wenn man die aufgesogene Flüssigkeit durch Wasser ersetzte, und das Gewicht des extractiven trocknen Rückstandes war manchmal grösser, als das des Auszuges vor der Absorption.

Man sieht, dass diese Operationen zwei verschiedenen Einflüssen unterworfen sind: 1) der Absorption der nährenden Substanz, 2) ihrer Zersetzung durch die organische Materie, welche von der Zersetzung der Wurzeln herstammt. Wenn die letztere Wirkung grösser war als die erstere, oder auch nur, wenn sie beide gleich waren, so konnte man nicht über die Menge der zur Nahrung verwendeten Stoffe urtheilen; dies ist der Grund der Verschiedenheit der von Hartig erhaltenen Resultate.

Nachdem ich so die Absorption des Humus durch die Wurzeln bewiesen habe, bleibt mir noch über die Assimilation desselben von der damit durchdrungenen Pflanze zu sprechen. Eines der Kennzeichen dieser Assimilation wird von der Abwesenheit der dem Humus eigenthümlichen Farbe in dem Innern der Pflanzen, welche eine sehr gefärbte Auflösung von humussaurem Kali eingesogen haben, in Vergleich mit

Digitized by Google

presst und der Einwirkung der äussern Luft ausgesetzt waren, wenn sie den grössten Theil der in der Röhre enthaltenen Flüssigkeit

---

dem verschiedenen Verhalten von färbenden Materien (wie Dinte), welche nicht fähig sind die Pflanze zu nähren, hergeleitet. Letztere lassen Spuren ihres Durchganges, während die andern sich verändern und von der Pflanze theilweise assimilirt werden.

Niemand zweifelt, dass das Eiweiss oder das stärkmehlartige Endospermium des Weizens sich in das sich entwickelnde Pflänzchen ergiesse, um ihm zur Nahrung zu dienen. So lange die Emulsion dieses Reservoirs nicht erschöpft ist, wird sie von Jod blau gefärbt; ist sie aber ganz oder theilweise in die Pflanze übergegangen, so ist sie verändert und der Saft des Pflänzchens giebt mit Jod nicht mehr die Gegenwart von Stärkmehl zu erkennen; es scheinen nun aber die Zersetzung der Kohlensäure und die Bindung des Wassers nicht bemerklich zur ersten Entwickelung der Pflanze beigetragen zu haben, denn ihr Gewicht hat dadurch nicht zugenommen, selbst wenn man ihr in der Rechnung den Kohlenstoff giebt, welchen sie verloren hat. Man muss daher ihre Ernährung zum grossen Theil der Assimilation der Bestandtheile des Mehls durch die Pflanze zuschreiben.

Es ist wahr, dass dieses Mehl der Pflanze nicht durch die Wurzel zugeführt wird, es ist aber auch nicht zum Wachsthum des Weizens wesentlich erforderlich, denn wenn man den grössten Theil des Endospermiums von gekeimtem Weizen hinwegnimmt und die Wurzeln des gekeimten Samenkorns in Dammerde bringt, so macht es im Anfang langsamere Fortschritte als das ganze Korn, sie werden jedoch in der Folge stark genug, um eine gleiche Entwickelung zu zeigen und zu beweisen, dass das durch die Wurzeln zugeführte Extract die stärkmehlartige Flüssigkeit ersetzt hat. Uebrigens spricht die Untersuchung der jungen Triebe vom Getreide in den Feldern, wo das Eiweiss häufig durch Fäulniss oder Insecten zerstört wird, ebenso viel, als die angeführten Versuche. Da die Assimilation der Elemente des Endospermiums bewiesen ist, so ist es die des Dammerdextractes, das jenes durch Einführung durch die Wurzel ersetzen kann, ebenfalls.

Die Knöterigpflanzen, welche, ohne zu leiden, mehrere Wochen lang in verschlossenem Gefässe, mit Hülfe des Wassers und unter Einwirkung des Tages und der Nacht, wuchsen, veränderten weder die Reinheit noch das Volumen der Luft; sie hatten also keinen Stickstoff daraus aufgenommen. Ich führe dieses Resultat (das nach dem Keimen dasselbe blieb) an, um darauf aufmerksam zu machen, dass die Aufnahme des Stickstoffs aus der Atmosphäre durchaus nicht bewiesen ist, obgleich die Elementaranalysen einiger todten Pflanzen von Boussingault das Gegentheil zu beweisen scheinen.

Man muss sich in dieser Beziehung an die directe Beobachtung halten, denn die Elementaranalyse der todten Pflanzen ist selten in Uebereinstimmung mit der Physiologie der lebenden Pflanzen; diese Analyse täuscht, indem man die Veränderungen, welche während des Trocknens der grünen Pflanze stattfanden, nicht in Betracht zog. Die Austrocknung (besonders bei Zutritt von Luft) vermindert die absolute Menge der Elemente der Pflanze und verändert ihr Verhältniss. Die Luft entzieht ihnen Kohlenstoff, es wird häufig Sauerstoff absorbirt, das Eiweiss schwärzt sich, der Wassergehalt wird vermindert, die Essigsäure des Saftes verflüchtigt. Während des langen Wachsthums der dieser Untersuchung unterworfenen Pflanzen sterben einige ihrer Theile ab, gähren und können alsdann Stickstoff binden. Diese Veränderungen sind der Natur der Pflanze untergeordnet und wahrscheinlich unmöglich genau zu bestimmen.

Die von dem Regenwasser erschöpfte, fast unfruchtbare Dammerde

Digitized by Google

absorbirt hatten. Er wiederholte deshalb die Versuche mit Vermeidung dieser Uebelstände und fand allerdings, dass die Lösung

---

kann keine beträchtliche Menge des extractiven Stoffes liefern; sie enthält indessen immer eine geringe Quantität, die durch ihre gelbe Farbe und ihren Geschmack wahrnehmbar wird, wenn das Wasser, worin sie eingeweicht war, durch Abdampfen entfernt wird. Diese Materie, welche Stickstoff enthält und welche nach dem Trocknen in Wasser leicht löslich ist, hat einen mächtigen Einfluss auf die Ernährung der Pflanzen, denn sie liefert ihnen ein wesentliches Nahrungsmittel, den Stickstoff, den sie zwar nur in geringer Menge enthalten, womit sie aber das Wasser und die Luft nicht hinreichend versehen; sie führt ihnen phosphorsauren Kalk und einen Theil der Salze, welche die Asche bilden, zu; man darf jedoch diese nährende Eigenschaft nicht vorzüglich dem löslichen Extract, welches man unmittelbar aus einer ähnlichen Erde ziehen kann, zuschreiben; sie enthält in viel grösserer Menge eine organische Materie, welche anfänglich in Wasser unlöslich ist und die dem Auge nicht wahrnehmbar sein kann, die aber durch ihre Löslichkeit in kohlensaurem Alkali, oder durch die Verbrennung, bestimmt werden kann. Wenn sie befeuchtet worden, so befindet sich die Substanz in einem fortdauernden Zustand von langsamer Gährung, welche eine in Wasser leicht lösliche extractive Materie erzeugt. Dieser Vorgang bietet so der Pflanze eine anhaltende Quelle der Ernährung dar.

Liebig schreibt nur dem Ammoniak oder seinen Salzen die Uebertragung des Stickstoffs auf die Pflanze zu. Wir werden die Nützlichkeit des Ammoniaks als Bestandtheil des Düngers, des Mergels, des gebrannten Thones und anderer Substanzen, welche die Ernährung der Pflanzen begünstigen, nicht bestreiten; wir wollen aber sagen, dass es hauptsächlich verwendet wird, nicht um sich isolirt damit zu verbinden, sondern als Auflösungsmittel des Humus und der unlöslichen organischen Materien, welche in dem Boden und in der Luft enthalten sind.

Aus den angeführten Beobachtungen geht hervor: 1) Dass fruchtbarer Boden ein Gemenge von löslichen und unlöslichen organischen Substanzen enthält, und dass die Einführung der ersteren in die Pflanzen durch die Wurzeln eine mächtige Hülfe für die Ernährung, welche sie von der Luft und dem Wasser erhalten, ist. 2) Dass die unlöslichen organischen Substanzen, welche sich im Boden in viel grösserer Menge als die vorhergehenden vorfinden, mit Hülfe des Wassers eine langsame Gährung erleiden, welche eine nährende lösliche Substanz daraus erzeugt, die fähig ist, erstere theilweise und allmählig zu ersetzen. 3) Dass die Pflanzen ihren Stickstoff beinahe gänzlich durch die Absorption der löslichen organischen Substanzen erhalten; der directe Versuch zeigt, dass sie ihn nicht in ansehnlicher Menge im Gaszustand assimiliren, und dass er nicht als Ammoniak in dem destillirten Wasser enthalten ist, welches man sie absorbiren lässt. 4) Dass ein Unterschied besteht zwischen den gefärbten Materien, welche zur Ernährung der Pflanzen tauglich sind, und solchen, welche diese Fähigkeit nicht besitzen; dass die ersteren bei der Absorption ihre Farbe ändern und sich mit der Pflanze vermischen, während die andern, wenn sie die Pflanzen durchdringen, keine Veränderung erleiden.

Der Stickstoff der zur Pflanzenernährung so nothwendigen Extractivstoffe kann übrigens auch durch Condensation des atmosphärischen Stickstoffs vermehrt werden. Diese findet Statt: 1) wenn die porösen organischen Körper unter Umständen, die zur Erzeugung von Wasserstoffgas geeignet sind, langsam gähren, 2) durch das Eisenoxydul und Manganoxydul der Pflanzenerden (nach Sprengel, J. f. pr. Ch. I. 161), 3) durch die Elektricität bei Gewitterregen. Das Ammoniak und die

Digitized by Google

der Humussäure zum Theil entfärbt und ein sehr geringer Theil der letztern, wenn die Wurzelenden in einem vollkommen frischen Zustande geblieben waren, aufgenommen und nach seiner Ansicht in der Pflanze als Nahrungsstoff assimilirt werde, indem das Dammerdeextract sich ähnlich verhalte, wie das Eiweiss oder das stärkmehlartige Endospermium des Weizens, welches sich in das sich entwickelnde Pflänzchen ergiesse, um ihm zur Nahrung zu dienen. Liebig [59]) hat schon darauf aufmerksam gemacht, dass die aus

---

Salpetersäure sind die einzigen uns bekannten Producte dieser Condensationen; um aber diese verschiedenen Quellen von Stickstoff in der Vegetation mitwirken zu lassen, müssen wir von der Erfahrung abgehen, denn, indem noch keine Beobachtung bewiesen hat, dass die Pflanzen unmittelbar Ammoniak oder Salpetersäure assimiliren, müssen wir annehmen, dass sie sich die todten Pflanzensubstanzen aneignen, um Verbindungen zu erzeugen, die denen sehr nahe stehen, welche sie aus der Dammerde zu ihrer Ernährung schöpfen."

[59]) *Bemerkungen zu den vorstehenden Versuchen de Saussure's*, von J. Liebig; Lieb. Ann. XLII. 291–297. Wenn wir das Resultat von de Saussure's Versuchen zusammenfassen, so ergiebt sich daraus Folgendes:

Eine Pferdebohne, welche 14 Tage in einer Auflösung von humussaurem Kali vegetirt, vermehrt ihr Gewicht um

6000 *Milligrammen* (6 *Grammen*)

und hat zu dieser Gewichtsveränderung verbraucht

9 *Milligrammen Humus.*

In einem zweiten Versuche nahm ein Exemplar von *Polygonum persicaria* (einer Sumpfpflanze) in einer unbestimmten Zeit in einer Humuslösung an Gewicht zu

um 3500 *Milligrammen*

und hatte dazu der Rechnung nach verbraucht

43 *Milligrammen Humus.*

In einem dritten Versuche nahmen zwei Exemplare von *Polygonum persicaria* in 9 Tagen um sieben Centimeter zu (2,8 Zoll hessisches Maass) und hatten überdies noch Wurzeln getrieben, wozu sie von Dammerdeextract verbrauchten:

5 *Milligrammen.*

Diese Versuche beweisen also mit der grössten Bestimmtheit, dass, angenommen, der Humus sei als solcher und nicht in einer andern Form von der Pflanze absorbirt worden, die Menge desselben, unter den günstigsten Bedingungen, wo also das Wasser, in welchem die Pflanze vegetirt, mehr Humus enthält, als die Pflanze mit dem Wasser aufnehmen kann, nur äusserst gering ist, dass die Pflanze des ersten Versuches

in hundert Tagen ein einziges Gran Humus aufnimmt.

Nach dem letzten Versuche verbrauchten zwei Exemplare von *Polygonum persicaria* in 9 Tagen zusammen 5 Milligrammen, *ein Exemplar in hundert Tagen demnach ein Drittel Gran.*

Es geht hieraus hervor, dass die bestimmbare Menge Dammerdeextract, für sich oder mit kohlensaurem Kali verbunden, das eine Pflanze aufnimmt, welche unter den günstigsten Bedingungen damit ernährt wird, in die Gränze der Beobachtungsfehler fällt, dies will sagen, dass die Versuche, welche die Absorption des Humus durch die Wurzeln darthun sollen, keine Beweiskraft besitzen.

Wenn nun noch überdies mit der grössten Bestimmtheit dargethan werden kann, dass eine Humuslösung an der Luft eine fortdauernde

Digitized by Google

Saussure's Versuchen sich ergebenden Resultate eigentlich zu Gunsten seiner Ansicht sprechen, da die Menge des Dammerdeextractes, für sich oder mit kohlensaurem Kali verbunden, das die Pflanze aufnimmt, welche unter den günstigsten Bedingungen damit ernährt wird, in die Gränze der Beobachtungsfehler fällt und deshalb die von Saussure angestellten Versuche für das Ernährungsvermögen der Humussäure keine Beweiskraft haben können. Wiegmann und Polstorff[60]) haben Versuche angestellt, die mit den

---

Veränderung erfährt, eine wahre Verwesung, in deren Folge sich aus seinen Bestandtheilen Kohlensäure bildet, warum, kann man fragen, ist in de Saussure's neuen Versuchen dieser, von ihm selbst ermittelte Einfluss der Luft nicht in Rechnung gebracht, um die Gewichtsverluste an Kohlenstoff in seinen Probeflüssigkeiten zu erklären?

Eine Pflanze saugt wie ein Schwamm alle löslichen Bestandtheile des Bodens in sich auf, allein in gefärbten Flüssigkeiten, in Lösungen von Farbestoffen wird die Pflanze, wenn sie sie aufnimmt, krank und stirbt ab. Nun enthalten aber die Acker- und Dammerden, worin Pflanzen auf's Kräftigste vegetiren, keine durch Regenwasser ausziehbare, das Wasser färbende Substanzen (keinen in Wasser löslichen Humus), denn, wie ich schon früher erwähnte, würden wir dies an der Farbe unsrer Wiesenquellen, unsrer Waldbäche leicht erkennen; alle diese Wasser, wie die Brunnenwasser, sind farblos. Wo käme zuletzt bei den Milliarden Pflanzen, die im Meere wachsen, der Humus her!? Alle unsre Brunnenwasser enthalten auf kalkhaltigem Boden eine Menge sauren kohlensauren Kalk, keinen Humus; diese Kohlensäure rührt von Vegetabilien her; es ist der Humus, der sie, ohne sich aufzulösen, in seiner Verwesung geliefert hat. Wie ist es möglich, nach so vielen wohlbekannten Thatsachen an dem eigentlichen Antheil, den die verwesenden Vegetabilien (der Humus) an der Ernährung der Pflanzen nehmen, den geringsten Zweifel zu hegen?

[60]) Wiegmann und Polstorff: *Ueber die anorganischen Bestandtheile der Pflanzen; eine gekrönte Preisschrift;* 1842. S. 52 u. ff. Es wurde aus sogenanntem Compost (einem zwei Jahre alten Gemenge von verwesenden Vegetabilien mit Gartenerde) ein Humusextract bereitet; es war eine weingelbe Flüssigkeit, welche, im Wasserbade abgeraucht, in 100 Grm. einen Rückstand von 148 Milligrm. (aus organischer Materie, kohlensaurem Kalk u. s. w. bestehend) hinterliess. „Bringt man in eine mit Sauerstoffgas gefüllte und mit Quecksilber gesperrte Glasröhre Humusextract, so bemerkt man fortwährend eine langsam vor sich gehende Volumverminderung und ein Lichterwerden der Färbung; bringt man nach Verlauf einiger Tage Kalilösung hinein, so bewirkt diese abermals eine Volumverminderung. Es ist bei diesem Versuche folglich Sauerstoffgas verschwunden und Kohlensäure dafür gebildet worden. Geschieht solches in der atmosphärischen Luft in einem offenen Gefässe, so geht derselbe Process, nur langsamer, vor sich. Es bilden sich in der Flüssigkeit braune schwarze Flocken (Humuskohle) und das Gewicht der organischen Materie vermindert sich. 100 Grm. von Humusextract, welches einen Monat hindurch dem Zutritt der atmosphärischen Luft ausgesetzt gewesen war, gaben einen Rückstand von 136 Milligrm.; es war also dadurch ein Minimum von 12 Milligrm. erzeugt worden." — „Am 18. Juni setzten wir eine 8 Zoll hohe Pflanze von *Mentha undulata W.* und eine ebenso hohe Pflanze von *Polygonum persicaria C.*, beide mit vollkommen entwickelten und unverletzten Wurzeln, in einen mit Humusextract gefüllten Cylinder. Der Cylinder wurde nun, so weit die Wurzeln im Wasser waren, um

Digitized by Google

bereits angeführten völlig übereinstimmen und zugleich zeigen, dass eine Humuslösung, dem Einflusse von Sauerstoffgas ausgesetzt, dieses letztere absorbirt und dafür Kohlensäure bildet, welches bereits seit lange durch die Beobachtungen von Humboldt, Schübler, Saussure u. A. hinsichtlich der Dammerde bekannt war. Boussingault [61]) schreibt mit Saussure ebenfalls der Humussäure eine, wenn auch nur sehr geringe, directe nährende Kraft zu; er hat jedoch nicht durch besondere Versuche von der Richtigkeit dieser Behauptung sich überzeugt. Wir müssen hier noch ganz besonders der Gründe Erwähnung thun, welche einer der Hauptgegner der von Liebig auf's Neue angeregten Ansicht über die Ernährung der Pflanzen gegen dieselbe vor Kurzem erhoben hat. Mulder nämlich macht besonders darauf aufmerksam [62]),

---

das Licht von denselben abzuhalten, mit dunklem Papier verklebt und in ein Zimmer vor das Fenster gestellt. Die Pflanzen wuchsen in dem Humusextracte freudig fort und trieben lange, sich bis zum 18. Juli weiss erhaltende Wurzeln in grosser Menge. Die von denselben verbrauchte Flüssigkeit wurde gewöhnlich alle drei Tage durch destillirtes Wasser ersetzt. — Die weingelb gefärbte Flüssigkeit in dem die Pflanzen enthaltenden Cylinder wurde sichtlich heller und war am 18. Juli ziemlich entfärbt, blieb aber beständig klar, und beide Pflanzen waren am 18. Juli um 6½ Zoll gewachsen und hatten mehrere Blätter getrieben. Die *Mentha* kam nicht zum Blühen, das *Polygonum* aber hatte bis zu dieser Zeit drei Blüthenähren getrieben, deren Blüthen jedoch unentwickelt abfielen. Nachdem die Pflanzen nun also einen Monat lang in dem Humusextract gestanden hatten, zogen wir dieselben aus und fanden in 100 Grammen der Flüssigkeit einen Rückstand von 132 Milligr." Also waren in 100 Grm. des frisch bereiteten Humusextractes 148 Milligr. Rückstand; dieselbe Menge einen Monat lang der atmosphärischen Luft ausgesetzt, enthielt 136, und nachdem einen Monat lang darin Pflanzen vegetirt hatten, 132 Milligr.; welche Resultate mit den Ansichten Liebig's überein zu stimmen scheinen.

[61]) Boussingault: *Landwirthschaft*, II. S. 2. „Wir sind weit entfernt, behaupten zu wollen, dass der Kohlenstoff ausschliesslich von der Kohlensäure der Atmosphäre genommen werde, obgleich diese ohne Zweifel seine hauptsächlichste Quelle ist; es ist im Gegentheil nicht unwahrscheinlich, dass gewisse organische kohlenstoffhaltige Gebilde des Düngers direct von der Pflanze assimilirt werden."

[62]) Mulder: *Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie;* deutsche Ausgabe, S. 706 u. ff. „Es bedarf in der Natur eines allgemeinen Nahrungsstoffes, eines Stoffes, aus welchem die Pflanzen das schöpfen können, was sie nöthig haben, und durch welchen ihnen das wiederum kann mitgetheilt werden, was sie verloren haben. Dieser Stoff ist für die meisten der gegenwärtig lebenden Pflanzen die Dammerde. Für viele andere dagegen sind es auch andere Gegenstände, welche die Nahrungsstoffe darbieten." — „Das stete Erscheinen einer und derselben Art eines Pilzes auf demselben organischen Gegenstande lehrt uns nicht allein eine Entwickelung dieser Pflanzen aus den organischen Molecülen der Stoffe, auf welchen sie erscheinen, kennen, sondern auch zugleich eine Ernährung derselben durch diese Stoffe." — Mulder macht hierbei besonders auf den *Merulius destructor* aufmerksam, der sich auf Holz erzeugt, sich ungemein schnell fortpflanzt und mit den Fäden seines Myceliums in das feste Holz eindringt, es erschöpft und auseinander treibt. „Die Mycelium-Fäden dieser Pflanze

Digitized by Google

dass es gewisse parasitische Pflanzen gebe, welche unmittelbar aus der Mutterpflanze ihren Nahrungssaft zögen, also den schon gebildeten Pflanzensaft zu ihrer Nahrung verwendeten, und bemerkt, dass, wie es Pflanzen gebe, die weit entfernt sind, von Kohlensäure und Ammoniak zu leben, sondern von wirklich organisch selbstständigen Stoffen, die keine Humusvermoderung erlitten, sich ernähren; so ausgemacht es ferner sei, dass auf der andern Seite wahre atmosphärische Pflanzen existirten, die entweder keine Stütze haben, oder eine solche, woraus sie weder organische noch humusartige Nahrung ziehen können, — ebenso wenig sei zu bezweifeln, dass es eine dritte Reihe von Pflanzen gebe, die sowohl Kohlensäure und Ammoniak, als organische Stoffe, humusartige Körper aufnehmen, welche in einem Zwischenstadium sich befinden, einerseits von organisirten, andrerseits von den Bestandtheilen der Atmosphäre begränzt [63]); das Dasein dieser letztern Reihe von Pflanzen, die

---

dringen tief in das Holz, und die Pflanze entwickelt und ernährt sich mit denjenigen Stoffen dieses Holzes, welche in dem am wenigsten trockenen Zustande sind. Sie bedürfen, wie alle Pflanzen, Proteïnverbindungen und ziehen solche aus dem im Holze vorhandenen Eiweissstoffe, aus der Cellulose und aus andern Stoffen, welche mithin ihre organische Selbstständigkeit, nachdem sie ihre Form verloren haben, unmittelbar in einer neuen wieder annehmen. So wird dann, indem die eine Pflanze sich auflöst, unmittelbar eine zweite aus den Bestandtheilen der erstern gebildet. Die Cellulose und das Proteïn werden *nicht* in Kohlensäure und Ammoniak verwandelt, sondern gehen direct in eine neue Organisation über; die Cellulose nach vorhergegangener Umsetzung in Dextrin, also einen indifferenten halblöslichen Körper, vegetirt in dieser Gestalt, welche nothwendig ist, wenn ihre Molecüle das Holz verlassen und mit Eiweiss eine neue Reihe von Zellen, die des *Merulius destructor*, bilden sollen." — „Der einfachste Fall von parasitischen Pflanzen ist der, wo das Gefässsystem des Parasiten mit dem der Mutterpflanze anastomosirt (Sarcophyte, Ombrophytum); diese Art und Weise der Ernährung eines Parasiten kann auf keine andere Weise erklärt werden, als durch unmittelbare Ernährung desselben durch den schon bereiteten Pflanzensaft." Mulder verweist ferner auf die Parasiten, welche einen Wurzelstock bilden, dessen Fasern sich an die Mutterpflanze *(Langsdorfia)* anheften; auf die, welche keinen Wurzelstock haben, aber durch einige wenige Wurzeln mit der Mutterpflanze verbunden sind *(Lathraea squamaria)*, und die endlich, deren lange Wurzeln sich über und unter dem Bast der Mutterpflanze ausbreiten, um ebenfalls Nahrung aus derselben zu ziehen *(Viscum, Misodendron* und die meisten *Loranthaceen)*. „Diese Pflanzen verdienen darum sehr die Aufmerksamkeit, weil sie, als Dicotyledonen und ohne Zweifel durch organische Stoffe ernährt, einen Beweis an die Hand geben, dass im Boden befestigte Pflanzen von organischer Nahrung, wenn sie in dem Boden vorhanden ist, aufzunehmen keinenfalls verhindert sind."

[63]) Mulder a. a. O. S. 711 u. 12. „Die grösste Anzahl der jetzt lebenden Pflanzen gehört zu dieser dritten Reihe und ihre Anwesenheit ist von der Humuslage abhängig, welche während der Periode der Erdumwandlungen, unter welchen wir Menschen jetzt leben, in einer gewissen Höhe die Oberfläche der Erde bedeckt. Bevor diese Schicht bestand, waren die gegenwärtig lebenden Pflanzen auch nicht vorhanden,

Digitized by Google

bei weitem die zahlreichste sei, wäre abhängig von der die Oberfläche der Erde bedeckenden Humusschicht und müsste mit dem Verschwinden der letztern von der Erde gleichfalls untergehen. Nach Mulder ist es namentlich das Ammoniak des Düngers oder der Atmosphäre, welches mit den organischen, in der Ackererde entweder schon vorhandenen oder erst durch Vermoderung vegetabilischer und thierischer Stoffe entstandenen Humussäuren Verbindungen eingeht, und diese salzartigen Verbindungen sind es hauptsächlich, welche die Fruchtbarkeit des Bodens so sehr erhöhen, während die Ammoniaksalze ohne jene organischen Säuren für sich allein den Pflanzen nachtheilig sind [64]). Mulder hat endlich zur

---

und verschwindet einmal dieselbe durch Veränderung der Atmosphäre oder andere Einflüsse, so wird damit zugleich auch der grösste Theil der gegenwärtig lebenden Pflanzen untergehen." Ferner heisst es ebendaselbst: „Wir sehen keine der höheren Pflanzen gut in einem von organischen Stoffen völlig freien Boden fortkommen. Ihre Menge thut nichts zur Sache, eben weil die Pflanzen davon nicht ausschliesslich leben können. Die Menge Kochsalz, welche ein Thier bedarf, um existiren zu können, ist ebenfalls eine sehr geringe, und wenn auch keinenfalls ein Thier allein von Kochsalz sein Leben unterhalten kann, so ist dasselbe dennoch für die Thiere unentbehrlich; ebenso scheinen mir die organischen Bestandtheile des Bodens ein für allemal den Pflanzen unentbehrlich zu sein. Die Erfahrung hat das gelehrt und man kann nicht dagegen streiten." — „Es bedürfen, wie die Erfahrung lehrt, z. B. die Heidepflanzen sehr wenig organische Stoffe, die Tannen bedürfen mehr und Buchweizen und Roggen noch mehr, um üppig fortzuwachsen."

[64]) Mulder a. a. O. S. 715. Ferner S. 720 heisst es: „Die Versuche von Wiegmann, ebenso wie die von de Saussure, lassen die Frage noch unerledigt, ob die organische Nahrung nicht zuvor in Kohlensäure, Ammoniak und Wasser umgesetzt wurde, und ob es somit eigentlich diese sind, die den Pflanzen zur Nahrung dienen. Als indirecte Beweise, dass die Pflanzen wirklich humussaure Salze aufnehmen und assimiliren, d. h. dass durch Humussäure, mit Kali und Ammoniak des Bodens verbunden, pflanzliche Stoffe gebildet werden, können die folgenden Gründe angeführt werden: 1) Die Pflanzen nehmen verschiedene Salzauflösungen aus dem Boden auf und assimiliren die Salze derselben, so kohlensauren Kalk, Talkerde, ferner schwefelsaure, salzsaure und kieselsaure Salze. Es ist deshalb keine Frage, warum sie nicht auch humussaure Salze aufnehmen sollten, die stets in einer fruchtbaren Erde enthalten sind. 2) Es werden selbst Auflösungen von Giften von den Pflanzen aufgenommen. 3) Es können selbst gefärbte Flüssigkeiten in die Pflanze hinaufsteigen und es können die Pflanzen auf diese Weise künstlich gefärbt werden, wenn die färbenden Stoffe nur fein genug vertheilt sind, um die Zellenwände durchdringen zu können. 4) Werden die dunkel gefärbten humussauren Salze durch die Pflanzen aufgenommen, sowie dieses sowohl aus Versuchen als aus den vorigen Nummern 1, 2 und 3 wahrscheinlich ist, so müssen sie durch die dunkle Farbe der humussauren Salze ebenfalls gefärbt werden, und geschieht dieses nicht, so muss das humussaure Ammoniak zersetzt und seine Elemente in der Pflanze assimilirt werden; man sieht aber niemals durch humussaure Salze gefärbte Pflanzen und in den weissen Wurzelchen der Pflanze findet man keine Spur davon, während viele andere Farbstoffe, worin verschiedene Pflanzen wachsen, sehr

Digitized by Google

directen Bekräftigung seiner Ansicht einige vorläufige Versuche angestellt [65]), aus welchen hervorgeht, dass in der That Erd-

---

wohl darin aufgenommen werden können. 5) Die Essigmutter (siehe S. 114, Anmerk. 30) und die parasitischen Pflanzen werden keinenfalls durch Kohlensäure und Ammoniak genährt, sondern durch aufgelöste pflanzliche Nahrungsstoffe. Ist aber von einer Pflanze die Entstehungsweise aus anderen Stoffen bewiesen, so ist sie auch für die anderen Pflanzen wahrscheinlich."

[65]) *Ueber das Ernährungsvermögen der organischen Bestandtheile des Bodens für die Pflanzen*, von Mulder (Scheik. Onderz. Deel II). J. f. pr. Ch. XXXII. 351 u. ff. Es ist eine schwierige Sache, zu untersuchen, ob die organischen Bestandtheile des Bodens als solche von den Pflanzen aufgenommen werden. Diese Schwierigkeit liegt hauptsächlich darin, dass man den Pflanzen, welche man der Untersuchung unterwirft, nicht gut dieselbe Quantität Nahrung darbieten kann, und man bei einer zu grossen oder zu kleinen Quantität nicht vergleichbare Resultate erhält. Ich will hier ganz kurz die Resultate einiger in dieser Hinsicht angestellten Versuche mittheilen.

In einem unbewohnten, keinen Ausdünstungen ausgesetzten Gemache wurden neben einander einige Gläser gestellt, von gleicher Grösse, in die ersten 5 gut ausgewaschener grober Sand gethan, in alle folgenden ein Gemenge desselben Sandes mit 1 Proc. gewöhnlicher Holzasche und, ausser bei der zweiten 5 Zahl, 5 Proc. eines Gemenges von verschiedenen Bestandtheilen des Bodens oder von Stoffen, welche zu untersuchen von Interesse war. Die Substanzen wurden mit reinem destillirtem Wasser angefeuchtet und feucht gehalten.

In jede Fünfzahl wurden gebracht:

1) Braune kleine Bohnen.
2) Weisse Bohnen.
3) Grüne Erbsen.
4) Gerste.
5) Hafer.

Nach einem Monate, von dem 16. Mai bis zu dem 16. Juni, wurde das Folgende als Resultat der Entwickelung der genannten Samen beobachtet:

1) *Sand und Regenwasser;*

die Samen sehr sparsam aufgekommen, die Pflanzen kaum eine Hand breit hoch aufgewachsen; fast alle verwelkt.

2) *Sand, Asche und Regenwasser;*

1. nicht aufgekommen; 2. sehr sparsam; 3. ziemlich gut entwickelt; 4. sehr kümmerlich; 5. etwas besser, aber doch nur schwach.

3) *Sand, Asche, Ulminsäure aus Zucker und destillirtes Wasser;*

1. kümmerlich; 2. ziemlich gut; 3. sehr gut; 4. nicht aufgekommen; 5. sehr gut.

4) *Sand, Asche, quellsatzsaures Ammoniak aus Zucker und destillirtes Wasser;*

keine von allen gediehen, ausser 5., und dieser auch nur sehr schlecht.

5) *Sand, Asche, humussaures Ammoniak aus Gartenerde (ammoniakalisches Humus-Extract) und destillirtes Wasser;*

nicht aufgekommen.

6) *Sand, Asche, Humussäure aus Gartenerde und destillirtes Wasser;*

1. sehr schön aufgewachsen; 2. nicht aufgekommen; 3. unvollkommen entwickelt; 4. nicht aufgekommen; 5. ziemlich gut entwickelt.

7) *Sand, Asche, wässeriges Humusextract und destillirtes Wasser;*

1., 2., 3. und 5. nicht aufgekommen; 4. unvollkommen.

Digitized by Google

mischungen, die eine hinlängliche Menge Humussäure und besonders humussaures Ammoniak enthalten, dem Pflanzenwachsthum zuträglicher sind als diejenigen, welchen diese Bestandtheile fehlen; nicht aber lässt sich aus ihnen ein Beweis herleiten für die unmittelbare Aufnahme und Assimilation der vermoderten organischen Pflanzen- und Thiersubstanzen. Wir wollen hier noch auf einige von Johnson [66]) mitgetheilte Versuche aufmerksam machen,

---

8) *Sand, Asche, ulminsaures Ammoniak aus Zucker und destillirtes Wasser;*
1., 2., 3. und 5. sehr schön entwickelt; 4. unvollkommen.
9) *Sand, Asche, humussaures Ammoniak aus Torf und destillirtes Wasser;*
1., 2., 3. und 5. sehr schön entwickelt; 4. nicht aufgekommen.
10) *Gewöhnliche Erde und destillirtes Wasser;*
vollkommen gleich dem Resultate des letztern Versuches.
11) *Ausgeglühte, zu einem groben Pulver gestossene Holzkohle, Asche und destillirtes Wasser;*
alle aufgekommen, aber weit weniger entwickelt als in den drei letzten Versuchen.

Wenn wir die Resultate dieser Versuche übersehen, von den Stoffen absehend, welche, es mag sein aus welcher Ursache es will, der Aufkeimung schädlich waren (Versuch 4 und 5), so scheint es:

a) dass Regenwasser und atmosphärische Luft den Pflanzen nicht genügende Nahrung darbieten können; die unorganischen Stoffe fehlen;

b) dass Regenwasser, Asche und atmosphärische Luft ebenfalls nicht genügend sind;

c) dass das wässerige Humusextract zu wenig organische Substanz enthält, um den Pflanzen zu geben, was sie bedürfen;

d) dass Ulminsäure aus Zucker wirklich dem Pflanzenwuchse zuträglich ist, obgleich sie keinen Stickstoff enthält;

e) dass die Humussäure aus Gartenerde dem Pflanzenwuchse recht zuträglich ist;

f) dass die Ammoniakverbindung dieser letztern, sowie der Säure aus dem Torfe, eine üppige Entwickelung der Pflanzen bewirken;

g) dass endlich Holzkohle und Asche nicht so gut die Pflanzen gedeihen lassen als die Ackererde oder die in e) und f) genannten Substanzen.

[66]) Dr. J. Johnson: *Von der Nahrung der Culturpflanzen; ein Beitrag zur Entscheidung der von Liebig veranlassten Streitfrage über den Humus etc. Mittheilungen der kaiserl. freien ökonom. Gesellsch. zu Petersburg* 2. Heft, 1844. S. 162—205 Die Versuche wurden auf folgende Art ausgeführt: reine trockne Humussäure wurde mit Wasser zum Kochen gebracht und ein Theil mit Kali, ein anderer mit Ammoniak genau neutralisirt, während ein dritter Theil blos mit Wasser gekocht wurde. Nach dem Erkalten und Filtriren dieser drei Flüssigkeiten wurden nun mit destillirtem Wasser verschiedene Mischungen gemacht und in selbige Pflanzen von der Saubohne *(Vicia Faba)*, vom Kürbis *(Cucurbita pepo)* und auch bereits zum Wachsen gebrachte Zwiebeln *(Allium cepa)* gethan. Die Pflanzen von Bohnen und Kürbissen waren in gewöhnlicher Ackererde gezogen, erstere bis zur Entwickelung des dritten Blattes, und letztere bis zur Entwickelung des zweiten Blattes. Die Wurzeln wurden sorgfältig gereinigt und abgetrocknet und die genau gewogenen Pflanzen in die verschiedenen Flüssigkeiten gelegt, die geräumigen Gläser, in denen die Wurzeln durchaus keinem Zwange ausgesetzt waren, mit Papier über-

Digitized by Google

welche er mit Bohnen- und Kürbispflanzen, wie mit Zwiebeln anstellte, und die, ebenso wie die von Saussure und Mulder ausgeführten Versuche, zu dem Resultate führten, dass, wo humussaures Kali und humussaures Ammoniak, also leichtlöslicher Humus, der durch's Wasser bei + 15° R. aus der Erde gezogen werden

---

und umbunden, um etwanigen Staub und die Einwirkung des Lichts auf die Wurzeln abzuhalten, jedoch so, dass neben dem durch's Papier gehenden Stengel der Pflanze eine hinreichende Oeffnung für die atmosphärische Luft frei blieb. Um zu erfahren, ob die Humussäure und die humussauren Salze sich nicht an der Luft zersetzen und die Pflanzen sich nicht von der auf diese Weise erzeugten Kohlensäure aus der Flüssigkeit ernähren, wurden besondere Gläser mit Mischungen gefüllt, die den den Pflanzen gegebenen Flüssigkeiten in ihrem Gehalte an Humussäure und an beiden humussauren Salzen genau entsprachen, und zur selben Zeit, als die Pflanzen in ihre Flüssigkeiten und in die freie Luft kamen, ebenfalls — neben den Pflanzen — in's Freie gestellt. Zur Controlirung der Aufnahme der Humusflüssigkeiten wurden den Mischungen entsprechende Probeflüssigkeiten in Gläsern von gleichem Umfange verschlossen aufbewahrt, um namentlich die etwanige Aenderung in der Färbung der mit Pflanzen versehenen Flüssigkeiten während des Wachsthums der Pflanze durch Vergleichung wahrnehmen zu können. Diese Maassregel schien darum nothwendig, weil eine Flüssigkeit, worin Pflanzen vegetirt haben, bei der Untersuchung auf die darin enthaltene Humussubstanz, wegen etwa in derselben vorhandener Wurzelausscheidung der Pflanzen, kein richtiges Resultat geben kann. — Zur Vergleichung der Wirkung der Humussäure und ihrer Salze auf die Pflanzen wurden ausserdem verschiedene Mischungen von Aetzkali, kohlensaurem Ammoniak, Aetzammoniak und kohlensaurem Kali gemacht, in denen der Alkaligehalt genau dem der Humussalze einzelner Mischungen entsprach, und in diese, sowie ausserdem in destillirtes und in Regenwasser, wurden zur selben Zeit ebenfalls Pflanzen von den genannten Gewächsen gestellt.

Alle Bohnen- und Kürbispflanzen blieben genau 10 Tage und 10 Nächte, nämlich vom 19. bis zum 29. Juli, in diesen Flüssigkeiten und standen dabei alle gleichzeitig in freier Luft, waren also ganz gleicher atmosphärischer Einwirkung von aussen ausgesetzt. Die Witterung während dieser 10 Tage war warm und vorherrschend sonnig und die Pflanzen waren an ihrem Standorte von 11 Uhr Vormittags bis nach 7 Uhr Nachmittags der Sonne ausgesetzt. Nach Verlauf der 10 Tage wurden sie aus den Flüssigkeiten herausgenommen, wiederum mit Löschpapier möglichst getrocknet und gewogen. Da die Aufnahme der Nahrung der Pflanzen in einem directen Verhältnisse steht mit dem Umfange ihrer Organe, die zur Aufnahme der Nahrung bestimmt sind, so sind die Zahlen der absoluten Gewichtszunahme einer jeden Pflanze, nach Maassgabe ihres Gewichts, das sie vor dem Hineinthun in die Flüssigkeit hatte, in ein richtiges Verhältniss, d. h. mit einer Grundzahl alle auf eine gleiche Proportion, gebracht worden. Z. B. Nr. 19 wog beim Hineinthun in die Flüssigkeit 106 Gran, während Nr. 21 100 und Nr. 22 nur 99 Gran wogen. Die absolute Gewichtszunahme war hingegen von Nr. 19 107 Gran, von Nr. 21 ebenfalls 107 Gran und von Nr. 22 nur $87\frac{1}{2}$ Gran, folglich ist die Proportion, wenn man 100 zur Grundzahl macht, folgende: Nr. 19; $106 : 107 = 100 : x$, und Nr. 22; $99 : 87\frac{1}{2} = 100 : x$. Nr. 21 hat zufällig 100 Gran beim Hineinthun gewogen, folglich ist die Zahl der absoluten Gewichtszunahme zugleich die Proportionalzahl. — Kleine Bruchzahlen sind bei den folgenden Resultaten absichtlich ausgelassen:

Digitized by Google

kann, in derselben vorkommt, in der That eine Aufnahme des

A. *Bohnenpflanzen.*

Nro.		Gewichtstheile destillirten Wassers.	Gewichtszunahme d. Pflanzen in Gran.
	I. *Im humussauren Kali.*		
1.	1 Gewichtstth. humuss. Kali aufgelöst in	800	102
2.		2240	92
3.		3680	109
4.		5120	95
5.		6560	113
6.		8000	109
	II. *Im humussauren Ammoniak.*		
7.	1 Gewichtstth. humussaures Ammoniak	800	40
8.		2240	15 *)
9.		5120	65
10.		8000	60
	III. *In der Humussäure.*		
11.	1 Gewichtstth. Humussäure	800	86
12.		2240	74
13.		5120	76
14.		8000	**)
	IV. *Im destillirten Wasser.*		
15.		—	84
16.		—	81
	V. *Im Newawasser.*		
17.		—	101
18.		—	112
	VI. *In Aetzkalilösung.*		
19.	1 Gew.-Th. Aetzkali	10000 ***)	101
20.		28000	109
21.		46000	107
22.		64000	88
23.		82000	96
24.		100000	60
	VII. *Im Aetzammoniak.*		
25.	1 Gew.-Th. Ammoniak	7272	27
26.		72720	16.

*) War aus unbekannten Ursachen sehr kränklich.

**) Verunglückte.

***) Diese Mischungen entsprechen in Betreff des Gehalts an wasserfreiem Aetzkali und Aetzammoniak genau den Alkaligehalten der Mischungen von Nro. 1 bis 6 und von Nro. 7 bis 10.

Digitized by Google

Humuswassers durch die Pflanzenwurzeln, sowie eine Ernährung

B. *Zwiebeln.*

Nro.		Gewichtstheile destillirten Wassers.	Gewichtszunahme d. Pflanzen in Gran.
	I. *Im humussauren Kali.*		
1.	1 Gewichtstth. humussaures Kali	800	122
2.		8000	180
	II. *Im humussauren Ammoniak.*		
3.	1 Gewichtstth. humussaures Ammoniak	800	25
4.		8000	74
	III. *In Humussäurelösung.*		
5.	1 Gewichtstth. Humussäure	800	130
6.		8000	156
	IV. *In Aetzkalilösung.*		
7.	1 Gewichtstth. Kali	10000	36
	V. *Im kohlensauren Kali.*		
8.	1 Gewichtstth. kohlensaures Kali	6800	113
	VI. *Im Aetzammoniak.*		
9.	1 Gewichtstth. Ammoniak	7272	56
	VII. *Im kohlensauren Ammoniak.*		
10.	1 Gewichtstth. kohlensaures Ammoniak.	1480	101
	VIII. *Im destillirten Wasser.*		
11.		—	61.

Einige Stunden nach dem Hineinthun der Bohnenpflanzen fand sich in allen Flüssigkeiten, mit Ausnahme des Newawassers, eine geringe Trübung ein, ohne dass die Flüssigkeiten davon dunkler gefärbt wurden. Beim Newawasser fand sich diese Trübung erst nach 3 Tagen und sehr allmählig ein, doch im Ganzen viel schwächer als bei den übrigen. Diese Trübung hielt sich und vermehrte sich scheinbar noch im Verlaufe des Experimentes. Das Geringerwerden der braunen Farbe in den einzelnen Flüssigkeiten fand durchaus nicht Statt; dagegen wurden die sehr verdünnten Flüssigkeiten, nämlich Nr. 5, 6, 9, 10, 13 und 14 (namentlich 6, 10 und 14), am meisten und die concentrirten derselben, nämlich Nr. 1, 7 und 11, am wenigsten consumirt. Die übrigen Flüssigkeiten hielten in Hinsicht der Abnahme der Quantität ungefähr die Mitte zwischen diesen. Mit der Abnahme der Quantität der Flüs-

Digitized by Google

der Pflanzen durch dasselbe Statt haben müsse, wenn gleich ebenso

---

sigkeiten wurden die concentrirten Mischungen, nämlich Nr. 1, 2, 3, 7, 8, 11 und 12, dunkler, ganz besonders aber Nr. 1, 7 und 11. Ein Beweis, dass der in der Lösung befindliche Humus nicht gleichmässig mit dem ihn lösenden Wasser aufgenommen wurde. Die Pflanzen blieben alle bis auf Nr. 8 bis zum Ende des Versuches vollkommen frisch und gesund. Aus den angeführten Gewichtszunahmen ergiebt sich, dass das humussaure Kali und das Newawasser sich am nährendsten gezeigt, hiernächst das Aetzkali, dann das destillirte Wasser, hierauf die Humussäure und endlich humussaures und ätzendes Ammoniak am schwächsten.

Man kann also aus diesen Resultaten keineswegs auf eine besondere Nahrfähigkeit des Humus in allen Formen für die Bohnen schliessen, wenigstens ist hier das destillirte Wasser der Maassstab für alle die angewandten Stoffe und zeigt zugleich eine Schädlichkeit einiger derselben an, in denen die Pflanzen weniger als in ihm zugenommen haben. Es waren absichtlich Bohnen zu diesen Versuchen gewählt worden, weil von den Leguminosen allgemein eine geringe Consumtion der Bodenkraft angenommen wird, und man könnte nach den erhaltenen Resultaten diese Annahme auch für gegründet ansehen, wenn man nicht in Rechnung bringen müsste, dass die Bohnenpflanzen von den grossen fleischigen Cotyledonen auch eine Menge Nahrung erhalten, und wenn man nicht vorauszusetzen hätte, dass der Hauptbedarf der Bodennahrung zur Zeit der Fruchtbildung stattfinde. Der Hauptzweck des Versuches war indessen, zu ermitteln, ob eine Humusflüssigkeit, wenn sie sich im Boden findet, von den Pflanzenwurzeln aufgenommen wird. Dieser Versuch thut es nun, wenigstens mit den möglichst verdünnten Humusflüssigkeiten, nämlich Nr. 5, 6, 9, 10, 13 und 14, auf das Unzweifelhafteste dar. Denn trotz der Trübung der Flüssigkeiten war die braune Farbe derselben in den 10 Tagen nicht um das Geringste dunkler geworden, was man durch eine Vergleichung mit einer zuverlässig unveränderten Probeflüssigkeit durch das Auge wahrzunehmen im Stande war, sondern das Wasser war mit der darin gelösten Humussubstanz ganz gleichmässig consumirt. Nach dem Herausnehmen der Pflanzen fand sich in den Flüssigkeiten eine schleimige, zum Theil gallertartig erscheinende Substanz von einem, den frisch aus der Erde genommenen Bohnenwurzeln eigenthümlichen Geruche, in den rein alkalischen und concentrirten Humusflüssigkeiten scheinbar mehr als in den übrigen. Diese Substanz war offenbar eine Wurzelausscheidung der Bohnen. Uebrigens zeigte, mit Ausnahme der Humussäurelösung, keine einzige von diesen Flüssigkeiten am Lakmus- oder am Curcumapapier eine Reaction.

Versuche mit Kürbispflanzen, die gleichzeitig mit den so eben erwähnten ausgeführt wurden, zeigten, dass diese noch weniger von der Flüssigkeit consumirten als die Bohnenpflanzen. Indessen war auch hier keine Verringerung der braunen Farbe wahrzunehmen, sondern der Humus wurde ganz gleichmässig mit dem Wasser aufgenommen, mit Ausnahme der allerconcentrirtesten Mischungen, die etwas dunkler wurden. Die Humusflüssigkeiten blieben die 10 Tage hindurch völlig klar und ohne den geringsten humosen Bodensatz; ebenso verhielt sich das Newawasser. Die übrigen Mischungen hatten sich aber alle getrübt. Die wahrnehmbare Wurzelausscheidung war sehr gering, am bedeutendsten in den alkalischen Mischungen und im destillirten Wasser, in den humosen Mischungen nur bei den concentrirtesten Lösungen und zwar sehr wenig, in den übrigen gar nicht. Die Cotyledonen derjenigen Pflanzen, die im destillirten Wasser standen, wurden schon am nächsten Tage nach dem Hineinthun welk: dasselbe fand am dritten Tage auch mit den im Ammoniakwasser und am 5. Tage mit den im Aetzkaliwasser befindlichen Statt. Nach Ablauf der 10 Tage waren bei

Digitized by Google

wenig geläugnet werden könne, dass die Pflanzen den grössten

---

allen Pflanzen, die im destillirten und im alkalischen Wasser standen, die Cotyledonen und auch mehr oder weniger die Blätter vertrocknet und die Wurzeln theilweise in Zersetzung übergegangen, ohne dass die Pflanzen selbst völlig todt gewesen wären, während alle übrigen Pflanzen frisch und vollkommen gesund aussahen. Das Resultat dieses Versuches liefert nun wohl den unzweifelhaftesten Beweis, dass der Humus in löslicher Form bei der Entwickelung gewisser Culturpflanzen durchaus nicht ohne Einfluss ist, und dass selbst kohlensaure Alkalien ihn nicht zu ersetzen vermögen.

Die Versuche mit Zwiebeln, jede etwa 400—600 Gran schwer, führten zu den in obiger Tabelle angegebenen Resultaten. Um eine Färbung der Flüssigkeit durch die Zwiebelschalen zu verhüten, so wurden Nr. 2, 5, 6 und 11 vorsichtig und ohne alle Beschädigung von der gelben Schale vor dem Hineinthun gereinigt. Von den Flüssigkeiten Nr. 2 und 6 war am meisten consumirt, nämlich ungefähr $\frac{1}{6}$, während Nr. 1 und 5 circa $\frac{1}{4}$ abgenommen hatten; die übrigen hielten sich in Hinsicht der consumirten Quantität zwischen diesen Extremen. Die Farbe der Flüssigkeiten hielt sich durch die Zwiebelschalen in der That dunkler, als sie in den Flüssigkeiten mit geschälten Zwiebeln war. Was nun die Entfärbung der Flüssigkeiten durch Aufnahme von Humus durch die Zwiebeln anbelangt, so war nur in Nr. 2 und 6 eine sehr geringe, kaum durch das schärfste Auge wahrnehmbare Verminderung der gelben Farbe bemerkbar. Nr. 4 war scheinbar unverändert geblieben und die übrigen waren alle dunkler geworden. Die meisten von den farblosen Mischungen, nämlich Nr. 7—11, hatten eine graue Färbung bekommen. In allen Flüssigkeiten fand sich eine zwiebelartig, aber sehr unangenehm riechende, gallertartige oder schleimige Substanz, in den humosen Lösungen weniger als in den alkalischen, am wenigsten in den sehr verdünnten humosen und am meisten in den ammoniakalischen. Wenn man geneigt ist, die Nichtexistenz der Wurzelausscheidung der gesunden Pflanzen anzunehmen, so kann man wohl den Umstand, dass die so leicht zerbrechlichen Wurzeln der Bohnenpflanzen und der Zwiebeln, die zu diesem Versuche angewandt wurden, unscheinbare Verletzungen gehabt haben können, als Ursache einer so starken Wurzelausscheidung bei diesen Pflanzen annehmen. Es scheint aber, dass nichtzusagende Nahrung ebenso Ursache einer vermehrten Wurzelausscheidung sein kann. Die Blätter der Zwiebeln waren während der ganzen Dauer des Versuches vollkommen gesund, nur waren sie von verschiedener Grösse.

In den zu gleicher Zeit mit den Bohnen- und Kürbispflanzen in die freie Luft gestellten Gläsern mit Humuslösungen, deren Mischungsverhältnisse genau denen entsprachen, in welche jene Pflanzen gestellt waren, war in den ersten 10 Tagen, und selbst nach 29 Tagen, nicht die mindeste Veränderung wahrzunehmen, keine Trübung, kein Niederschlag von Humus. Einzelne derselben wurden auf Kohlensäure untersucht, indem das Glas mit einem Gasleitungsrohre versehen, in kochend heisses Wasser gestellt und die sich entwickelnden Gasblasen über Quecksilber in einem graduirten Glasrohre aufgefangen wurden; als zu diesem Gase Kalilauge gebracht wurde, erfolgte bei keiner einzigen Flasche die allermindeste Absorption. Es hatte sich also im Laufe dieser 29 Tage keine Zersetzung und Kohlensäurebildung in diesen Humusflüssigkeiten eingefunden, und folglich konnte die stattgefundene Ernährung der Pflanzen in dem dritten Theile des Zeitraumes, während dessen diese Humusmischungen an der Luft gestanden hatten, nicht von Kohlensäure herrühren, deren Erzeugung man sich in der Humusflüssigkeit denken konnte. Auch kann nicht behauptet, ja nicht einmal vermuthet

Digitized by Google

Theil ihrer Nahrung in der Form von Kohlensäure aus dem Boden und aus der Atmosphäre ziehen [67]).

---

werden, dass in den Lösungen von humussaurem Kali und humussaurem Ammoniak die Kohlensäure bei ihrer Entstehung von Alkalien in Beschlag genommen werden konnte; denn erstens waren diese humussauren Salzlösungen bei der Hinstellung und auch nachher vollkommen neutral, zweitens besitzt die Humussäure eine grössere Verwandtschaft zu diesen Alkalien als die Kohlensäure, und drittens wurde durch's Hinzuthun von Salzsäure aus diesen Mischungen kein Gas entwickelt.

[67]) Das von J. Liebig herausgegebene Werk: *„Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Pflanzenphysiologie;"* Braunschweig, 1ste Aufl. 1840, 6te Aufl. 1846, ist, namentlich in Bezug auf die hier berührte Frage über die Fähigkeit oder Unfähigkeit der Humussäure, den Pflanzen unmittelbar zur Nahrung zu dienen, die Veranlassung geworden zur Veröffentlichung einer Menge von Kritiken, Abhandlungen und Streitschriften, welche, da sie keine eigenthümlichen, hierher gehörigen Untersuchungen, sondern nur Ansichten, Hypothesen und einzelne Beobachtungen enthalten, und ausserdem grossentheils von praktischen Landwirthen und Pflanzenphysiologen, nicht aber von eigentlichen Chemikern verfasst worden sind, hier nur ihrem Titel nach Erwähnung zu verdienen scheinen, ohne dass wir nöthig hätten, näher auf ihren Inhalt einzugehen. Kürzere oder längere Kritiken des angeführten Werkes finden sich in folgenden Zeitschriften und Literatur-Zeitungen:

Berliner Jahrbücher für wissenschaftl. Kritik, 1841 (Schulze). — *The Quarterly Agric. Journ. of Edinburgh*, 1841. — *Verhandlungen der k. k. Landwirthschafts-Gesellschaft in Wien*, B. X. H. 1. S. 161. — *Allgemeine landwirthschaftliche Monatsschrift*, Potsdam, B. II. S. 171. — *Das kritische Literaturblatt zur allgemeinen Zeitung für die deutsche Landwirthschaft*, Leipzig 1842. No. 10. — *Die ökonomischen Neuigkeiten*, 1842. No. 30 u. 48. — *Berzelius's Jahresbericht*, XXI. S. 235. — *Gersdorf's Repertorium der gesammten deutschen Literatur*, 1841. No. 33. — *Die allgemeine Halle'sche Literatur-Zeitung*, 1842. No. 55. — *Die landwirthschaftliche Literatur-Zeitung v. Fischer*, Frankfurt 1842. H. 2, 3 u. 4. — Dr. *Zierl* in *Moritz Beyer's Original-Mittheilungen*, Bd. III., Dr. *F. Schmalz* in *Sprengel's landwirthschaftlichem Journal* u. s. w.

Ferner sind hier die folgenden Abhandlungen und Brochüren zu erwähnen:

Gruber: *Ueber den Zustand der neueren organischen Chemie.* Wien 1841.

Liebig: *Die organische Chemie in ihren Beziehungen zu Hrn. Dr. Gruber und Sprengel.* Heidelberg 1841 u. Annalen der Ch. u. Pharm. 1841. S. 255 u. ff.

F. X. Hlubek: *Beleuchtung der organischen Chemie des Hrn. Dr. J. Liebig, in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie.* Grätz 1842.

Liebig: *Erwiederung gegen Hlubek*, Ann. der Ch. u. Pharm. 1842. März S. 358 u. ff.

K. Catinelli: *Kritische Bemerkungen über Dr. F. X. Hlubek's Beleuchtung der organischen Chemie des Dr. J. Liebig.* Wien 1843.

F. X. Hlubek: *Beantwortung der wichtigsten Fragen des Ackerbaues, als Nachtrag zu meiner Beleuchtung der organischen Chemie des Hrn. Dr. J. Liebig.* Grätz 1842.

Digitized by Google

II. Aufnahme und Assimilation des Kohlenstoffs, und Einfluss der lebenden Pflanze auf die Zusammensetzung der sie umgebenden Atmosphäre.

Die Entdeckung, dass die Pflanzen, wenn sie in Quellwasser gelegt und den Strahlen des Sonnenlichtes ausgesetzt werden, eine Gasart entwickeln, wurde von Bonnet [68]) gemacht; Priestley jedoch wies zuerst im Jahre 1771 nach, dass dieses Gas aus Sauerstoff bestehe, indem es die Eigenschaft habe, die verdorbene Luft zu verbessern und wiederum fähig zu machen, den Athmungs- und Verbrennungsprocess zu unterhalten [69]). Er beobachtete eben-

---

M. J. Schleiden: *Hr. Dr. J. Liebig in Giessen und die Pflanzenphystologie.* Leipzig 1842.

K. Winkelblech: *Ueber Liebig's Theorie der Pflanzenernährung und Schleiden's Einwendungen gegen dieselbe.* Kassel 1842.

M. J. Schleiden: *Offenes Sendschreiben an Hrn. Dr. J. Liebig in Giessen, eine gegen mich gerichtete Anmerkung im Juniheft der Annalen der Chemie und Pharmacie betreffend. Nebst einigen Bemerkungen zu der Schrift: „Ueber Liebig's Theorie der Pflanzenernährung und Schleiden's Einwendungen gegen dieselbe, von Karl Winkelblech.* Leipzig 1842.

K. Winkelblech: *Bemerkungen zu Schleiden's offenem Sendschreiben an Hrn. Dr. J. Liebig.* Braunschweig 1842.

Hugo Mohl: *Dr. J. Liebig's Verhältniss zur Pflanzenphystologie.* Tübingen 1843.

P. T. Meissner: *Dr. Justus Liebig analysirt.* Frankfurt a. M. 1844.

J. Liebig: *Bemerkungen über das Verhältniss der Thier-Chemie zur Thier-Phystologie.* Heidelberg 1844.

H. K. Geubel: *Die physiologische Chemie der Pflanzen, mit Rücksicht auf Agricultur. Zugleich eine wissenschaftliche Widerlegung der Ansichten Liebig's u. Schleiden's.* Frankf. a. M. 1845.

J. Johnson: *Von der Nahrung der Culturpflanzen. Ein Beitrag zur Entscheidung der von Liebig veranlassten Streitfrage über den Humus etc., in den „Mittheilungen der Kaiserl. freien ökonomischen Gesellschaft zu St. Petersburg.“* 2. H. 1844. S. 162—210.

[68]) Vergl. Boussingault: *Landwirthsch.* I. S. 35. „Bonnet legte frische Blätter auf den Boden eines Gefässes, in welchem Quellwasser befindlich war, und bemerkte, dass sie, dem Sonnenlichte ausgesetzt, Luftblasen entwickelten. Er untersuchte, ob diese Gasentwickelung durch die Blätter bewirkt werde, oder ob sie aus dem Wasser für sich allein erfolge. Um sich zu überzeugen, kochte er das Wasser hinlänglich aus, um die Luft daraus zu entfernen, und wiederholte den Versuch. Die Blätter entwickelten, in's gekochte Wasser gelegt und dem Sonnenlichte ausgesetzt, kein Gas mehr. Bonnet schloss daraus, dass das entwickelte Gas vom Wasser herrühre.“

[69]) Jos. Priestley: *Versuche und Beobachtungen über verschiedene Gattungen der Luft;* aus d. Engl., Wien u. Leipzig 1778.

Digitized by Google

falls das Entstehen der grünen Materie im Quellwasser, wenn dieses lange Zeit in der Sonne stand, und dass sie an der Sonne Sauerstoffgas aushauche. Jedoch erhielt Priestley in seinen Versuchen oft abweichende Resultate und schrieb die Bildung des Sauerstoffs im Allgemeinen nur der Vegetationskraft der Pflanzen zu, ohne jedoch die näheren Umstände zu erklären, unter welchen diese Bildung vor sich gehe. Aehnlich wie Priestley in einigen Versuchen die Verbesserung der von ihm untersuchten Luft durch den Einfluss wachsender Pflanzen nicht nachweisen konnte, behauptete auch Scheele beobachtet zu haben, dass die Pflanzen die Luft verschlechterten, bis endlich Ingenhouss [70]) im Jahre 1779 die wahre Ursache dieser sich widersprechenden Beobachtungen entdeckte und sich durch zahlreiche Versuche überzeugte, dass Wurzeln, Blüthen und Früchte stets und selbst mitten im Sonnenscheine die sie umgebende Luft zersetzen und grösstentheils in Kohlensäure umwandeln, dass aber die grünen Blätter und Sprösslinge im Sonnenlichte, oder wenn sie von dem hellen Tageslichte getroffen werden, dieses zu thun aufhören und statt dessen Sauerstoffgas aushauchen. Erst nachdem diese Entdeckung von Ingenhouss gemacht und Sennebier [71]) ausserdem die schon von

---

Ister Theil. S. 48 u. ff. Pr. setzte am 17. August 1771 einen Stengel von der Münze in ein Luftgemenge, in dem ein Wachslicht ausgelöscht war, und fand am 27. desselben Monats, dass ein andres Licht vollkommen gut darin brannte und eine Maus darin leben konnte. Dieser Versuch wurde mehrmals mit gleichem Erfolge wiederholt. S. 51: „Als ich sehr viele frische Blätter von der Münze in eine kleine Portion Luft, in der Lichter gebrannt hatten, that, die alten nun herausnahm, wiederum frische hineinlegte und dieses einige Zeit fortsetzte: konnte ich keine Verbesserung an der Luft wahrnehmen; dieses war mir nun ein deutlicher Beweis, dass die Wiederherstellung der Luft blos und allein von der *Vegetation der Pflanzen* abhänge." — „Es konnte aber auch keine besondere Eigenschaft der Münze, welches die Pflanze war, der ich mich allemal bis zum Juli 1772 bedient hatte, die Ursache dieser merkwürdigen Wirkung sein; denn am 16. dieses Monats fand ich eine Portion dieser Luft durch einen Melissenstengel, den ich von dem 7. dieses Monats darin hatte wachsen lassen, vollkommen wieder hergestellt."

[70]) Ingenhouss: *Experimente über die Pflanzen.* (Experiments on Vegetables. 1779).

[71]) Sennebier: *Ueber die Wahrscheinlichkeit, dass das kohlensaure Gas durch die Pflanzen bei ihrem Wachsthum zersetzt werde* (Observations sur la Physique, par De la Métherie, t. XLI. p. 205 ff.), Gren: Journ. der Physik Bd. I. 229—242. 1795. „Die im gekochten Wasser dem Sonnenlichte ausgesetzten Blätter gaben niemals Lebensluft; die im gemeinen Wasser lieferten nur eine geringe Quantität, und alle, welche in dem mit Kohlensäure künstlicherweise mehr oder weniger angeschwängerten Wasser lagen, entwickelten weit mehr, ausgenommen gewisse Wasserpflanzen, die darin sogar weniger gaben als im gemeinen Wasser. Ich beobachtete indessen, dass, wenn einige Blätter ihr Maximum von Lebensluft in dem mit Kohlensäure gesättigten Wasser lieferten, andere es nur in einem Wasser thaten, das ½ oder die Hälfte, oder gar nur ¼ so viel Kohlensäure enthielt, als es auflösen konnte, was wahrscheinlich von der Natur der Blätter abhing.

Digitized by Google

Bonnet, Priestley und Ingenhouss gefundenen Thatsachen, dass die Blätter im gekochten Wasser keinen Sauerstoff geben,

---

Ich versuchte ferner, ob das mit Kohlensäure beladene Wasser, das während eines Tages die Erzeugung einer so grossen Menge von Lebensluft begünstigt hatte, denselben Erfolg noch am folgenden Tage leisten würde. Dieses war aber nicht der Fall, jenes Vermögen hatte sehr abgenommen und hörte endlich ganz auf, so dass das Wasser durch den Verlust seiner Kohlensäure in den Zustand des gekochten Wassers kam. Ich bestätigte diese Thatsache noch mehr; ich schloss den Einfluss der Kohlensäure des Wassers dadurch aus, dass ich eine hinreichende Quantität Kalkwasser zumischte oder es blos sieden liess. Wenn jetzt die Blätter darin der Sonne ausgesetzt wurden, so erzeugten sie nicht weiter, wie vorher, Lebensluft; ich gab aber diesem, so wie dem gekochten Wasser seine Eigenschaft dadurch wieder, dass ich nach und nach, oder auf einmal eine gewisse Quantität Kohlensäure zumischte." — „Aus Allem geht also hervor, dass die *Kohlensäure* im Wasser die sehr wahrscheinliche Quelle der sich entwickelnden Lebensluft ist. Diese Beweise werden noch stärker, wenn man auf folgenden Versuch Rücksicht nimmt. Es wurden Himbeerblätter, durch Hülfe der Luftpumpe, unter gekochtem Wasser von aller ihrer Luft befreit und dann unter einen mit kohlensaurem Wasser gefüllten Recipienten gebracht, ohne vorher mit der gemeinen Luft in Berührung zu kommen. Sie lieferten etwa 16 Mal so viel Lebensluft, als die Luftpumpe daraus vorher gezogen hatte. Da also diese ihrer Luft beraubten Blätter im Sonnenscheine in dem kohlensauren Wasser Lebensluft geben, so erhellet daraus noch mehr, dass diese Lebensluft von der im Wasser enthaltenen fixen Luft herrühren müsse. — Ich ziehe aus diesen Thatsachen folgende Schlüsse: 1) Die reine Luft, welche die unter kohlensaurem Wasser dem Sonnenscheine ausgesetzten Blätter geben, wird von den Blättern ausgearbeitet. 2) Wenn man weiss, dass die Kohlensäure aus Oxygen und Kohlenstoff zusammengesetzt ist, so begreift man, wie die Kohlensäure vermittelst der dem Sonnenscheine unter kohlensaurem Wasser ausgesetzten Blätter die Lebensluft liefern kann, um durch seine Verwandtschaft zum Oxygen diese Zersetzung zu bewirken; aber die Wirkung geschieht hauptsächlich durch's Licht, welches sich mit dem Oxygen vereinigt, ebenso wie der Wärmestoff, mit dem es sehr grosse Aehnlichkeit hat. Auf der andern Seite bleibt der Kohlenstoff, der eine geringe Verwandtschaft mit dem Lichte hat, in der Pflanze zurück, um zur Bildung von Oelen, Harzen u. s. w. verwendet zu werden; und wenn man die Affinität des Kohlenstoffs mit dem Parenchyma der Blätter, die sich durch die schwarze Farbe derselben offenbart, wenn sie nach ihrer Trennung von den Pflanzen der Luft blossgesetzt werden, kennt, so kann man sich eine Vorstellung von der Erzeugung der Lebensluft vermittelst der Zersetzung der Kohlensäure machen. Was das zur Bildung der Oele und Pflanzensäure nothwendige Hydrogen betrifft, so rührt es ohne Zweifel von der Zersetzung des Wassers her; aber die Erfahrungen belehren uns noch nicht, wie dies in dem Gewächse geschehe. — Was verschafft aber den Pflanzen bei ihrem Wachsthum in freier Luft die Kohlensäure? Sie scheinen sie zu empfangen 1) durch Hülfe der Wurzeln, die sie mit dem Safte einsaugen, wie meine Zergliederung des Weinrebensaftes zeigt; 2) durch den Thau und Nebel, der sich auf die Blätter absetzt. Dies Wasser bemächtigt sich der geringen Quantität Kohlensäure in der Atmosphäre, und die Blätter saugen sie mit diesem Wasser ein. Auch beweisen die Versuche des Grafen Morozzo, wie die meinigen, dass der Thau Kohlensäure enthält; und ich habe auch oft beobachtet, dass der Nebel ziemlich viel davon enthalte."

Digitized by Google

wenn sie unter diesem dem Einflusse des Sonnenlichtes ausgesetzt werden, und dass ganz frische Quellwasser zur Erzeugung des Sauerstoffgases geschickter sind als andere, bestätigt gefunden und dadurch erklärt hatte, dass die gewöhnlich in dem Wasser enthaltene Kohlensäure es sei, die den Blättern die Fähigkeit ertheile, Sauerstoffgas zu erzeugen; — erst jetzt konnten allgemeinere Theorien über die Entwickelung und Ernährung der Pflanzen mit Erfolg aufgestellt werden, wie solches in der That von Ingenhouss, Sennebier u. A. auf eine geistreiche Weise schon gegen Ende des vorigen Jahrhunderts versucht ward. Sennebier glaubte, dass das Licht wegen seiner grossen Verwandtschaft zum Sauerstoff die Fähigkeit besitze, die Kohlensäure zu zerlegen, und dass der Kohlenstoff, welcher eine geringe Verwandtschaft zum Lichte habe, in der Pflanze zurückbleibe, um zur Bildung von Oelen, Harzen u. s. w. verwendet zu werden, während der in den Bestandtheilen der Pflanze sich vorfindende Wasserstoff wahrscheinlich, auf eine ihm unerklärliche Weise, durch Zersetzung des Wassers in den assimilirbaren Zustand gelange. Ingenhouss [72]) war der

---

[72]) J. Ingenhouss: *Ueber Ernährung der Pflanzen und Fruchtbarkeit des Bodens.* A. d. Engl. übers. u. mit Anmerk. versehen v. Ghf. Fischer. 1798. Nebst einer Einleitung über einige Gegenstände der Pflanzen-Physiologie, v. F. A. v. Humboldt. 190 S. Leipzig 1798. — Vgl. Scher. Journ. I. 530–566. — Da die Pflanzen unaufhörlich beschäftigt sind, die umgebende Luft zu modificiren und dadurch selbst modificirt zu werden, da sie diesem Geschäfte um so vollkommener vorstehen, je lebhafter sie vegetiren, und dieses ohne jenes nicht bestehen kann, so glaubt I. nicht mehr zweifeln zu dürfen, dass „zersetzte Luft die Hauptnahrung der Vegetabilien sei." Er zweifelt hieran ebenso wenig, als daran, dass diese zersetzte Luft den Stoff zu den so verschiedenen Bestandtheilen der Pflanzen hergebe, dass sie in ihnen in verschiedene Säfte, Salz, Schleim, Oel u. s. w. ebenso umgewandelt werde, wie in den grasfressenden Thieren das blosse Gras in den verschiedenen Organen in so zahlreiche und heterogene flüssige und feste Theile umgeändert wird. Das vorzügliche Product der Veränderungen, welche die die Pflanzen umgebende Luft während ihres Wachsthums erleidet, ist *Kohlensäure*; diese, und nicht, wie Hassenfratz behauptet, der blosse *Kohlenstoff*, ist es also, welche Ingenh. für die wahre Nahrung der Vegetation hält. Diese Kohlensäure besteht aus Kohlenstoff und Sauerstoff, und von diesen beiden nehmen die Pflanzen ihre Hauptbestandtheile her; sie werden zugleich mit dem aus der atmosphärischen Luft absorbirten Stickstoff in ihren Organen (vorzüglich den Spiralgefässen) ausgearbeitet, verschiedentlich modificirt und verbunden. — Alle Samen enthalten eine gewisse Menge Kohlenstoff, welche die Pflanzen im Anfange des Wachsthums erhält; derselbe wird durch den Sauerstoff der umgebenden Luft in Kohlensäure umgewandelt; von dieser absorbirt die Pflanze bei Nacht und im Dunkeln den Sauerstoff, indem sie zu dieser Zeit den Sauerstoff allein aushaucht und den Kohlenstoff sich als Nahrungsmittel aneignet. Da die gemeinsame Wirkung aller dieser Verrichtungen die Zersetzung der sie umgebenden Luft ist, so scheint es mehr als wahrscheinlich, dass die Gewächse ihre Hauptnahrung [illegible] dieser Zersetzung und der Erzeugung der fixen Luft (Kohlensäure) [illegible]pernehmen, und diese Voraussetzung gewinnt noch dadurch an [illegible]wahrscheinlichkeit, dass alle Luftarten, welche

Erste, welcher eine umfassende und selbst unsern jetzigen Erfahrungen und Kenntnissen im Ganzen entsprechende Theorie der

---

schwer in Kohlensäure verwandelt werden, den Pflanzen wahres Gift sind, dass Sauerstoffgas das Wachsthum sehr befördert, und dass Kohlensäure concentrirt, oder ohne einen grossen Antheil athembarer Luft, die Pflanze tödtet. Aus dieser Ansicht würde folgen, dass die Pflanzen dann am schnellsten wachsen, wenn sie die grösste Menge von diesem Nahrungsmittel ausarbeiten. Letzteres thun sie, wenn sie im Dunkeln stehen, und dass alle Pflanzen im Dunkeln wirklich weit schneller als im Sonnenschein wachsen, fanden schon du Hamel und Bonnet; die Pflanzen wachsen im Allgemeinen gegen Mittag weniger als zu jeder andern Zeit. Die Wurzeln bei jeder Pflanze erzeugen selbst im Sonnenscheine Kohlensäure, und Blumen und Früchte, wenige unter den letztern ausgenommen, bereiten dieselbe gleich jenen zu jeder Zeit; nur die Blätter und grünen Sprösslinge bringen sie blos im Dunkeln hervor; und so ist keine Zeit ausgenommen, in welcher nicht ein Theil oder die ganze Pflanze unausgesetzt mit der Bereitung der Kohlensäure beschäftigt wäre. — Auch die Wurzeln der Gewächse saugen Kohlensäure ein, und die Düngungsmittel wirken nicht sowohl durch ihren Gehalt an Kohlenstoff, als an Kohlensäure, die sie entweder aus sich selbst, oder durch Zersetzung der sie umgebenden Luft erzeugen. Ing. scheint aber zu glauben, dass sie zur Zusammensetzung dieser Kohlensäure im letzten Falle nichts hergeben, sondern durch ihre Anziehungskraft nur die Absonderung derselben aus der atmosphärischen Luft bewirken. — Wärme ist neben dem Sauerstoff ein Hauptbedürfniss der Vegetabilien. Das Licht schadet offenbar den jungen im Wachsen begriffenen Pflanzen, es giebt ihnen blos Stärke, vorzüglich für Fortpflanzung ihres Geschlechtes. Wärme der Luft ist hierzu ebenso und weit nothwendiger als Wärme des Bodens, die sogar oft schädlich werden kann. So weckt auch nicht die Wärme des Bodens, sondern die der Atmosphäre die Pflanzen im Frühjahr zum neuen Leben und zum durch die von van Marum (s. Journ. de Phys. 1792, od. Gren's Journ. der Phys. B. VI. 360—371) u. A. erwiesene vegetabilische Reizbarkeit begründeten Aufsteigen der Säfte. — Die Wurzeln nehmen zwar Nahrungsstoff ohne Unterschied aus der Erde auf und ändern ihn nach ihrer individuellen Beschaffenheit in das diesen Pflanzen Zukommende um; sie können indessen unmöglich ihre Hauptnahrung hieraus nehmen, es ist sonst unbegreiflich, wie dieselbe Pflanze, die über 100 Jahre an demselben Ort bleibt, beständig neue Nahrung erhalte, wofern sie nicht aus der Zersetzung der atmosphärischen Kohlensäure entstünde. Für Kohlensäure als Hauptnahrung der Pflanzen spricht ferner die von Ing. entdeckte Thatsache, dass der Apparat, den die Pflanze bildet, um sich fortzupflanzen, nämlich die Blume, unaufhörlich Kohlensäure hervorbringt. Die Pflanze bringt hier ihrer Nachkommenschaft ebenso die erste und die wahre ihr von Natur zukommende Nahrung, wie das Thier seinen Jungen. Die von den Pflanzen hierzu ausgehauchte Luft findet sich als aus Kohlensäure und Stickstoffgas zusammengesetzt, und mehrere Thatsachen sprechen dafür, dass auch der Stickstoff Antheil an ihrer Erhaltung habe, obschon das gute Fortkommen derselben in reiner Sauerstoffluft bewelst, dass sie auch ohnehin, wenigstens eine Zeitlang, bestehen können. — Reine Kohlensäure scheint die Pflanzen durch Uebersättigung zu tödten; einer Pflanze ist eine mittelmässige Nahrung weit angemessener, als zu wenige und zu häufige; besondre Aufmerksamkeit fordert in dieser Hinsicht die Cultur der einjährigen Pflanzen. Der Dünger wirkt am thätigsten in der Periode der Fäulniss, und zwar dadurch, dass er Kohlensäure liefert. Da Kohlenstoff kein gutes Nahrungsmittel für die Pflanzen ist, so erwartet er

Digitized by Google

Pflanzenernährung aufstellte; nach ihm nämlich ist es nicht zweifelhaft, „dass zersetzte Luft die Hauptnahrung der Vegetabilien sei," dass sie den Stoff zu den so verschiedenen Bestandtheilen der Pflanze hergebe, und dass jene Luft vorzüglich die Kohlensäure sei, aus deren Bestandtheilen, dem Kohlen- und Sauerstoff, die Pflanze ihre Nahrung entnehme, indem diese beiden Elemente mit dem aus der atmosphärischen Luft absorbirten Stickstoff in ihren Organen ausgearbeitet, verschiedentlich modificirt und verbunden werden. Auch die Wurzeln saugen die Kohlensäure ein und der Dünger wirkt nach Ingenhouss und dem gleichzeitigen Ausspruch de Saussure's [73]) nicht durch seinen Gehalt an Koh-

---

auch von der Kohle als Düngungsmittel nicht viel, und Arthur Young's negativ ausgefallenen Versuche damit bestätigen ihn in dieser Meinung. (Nach einer Anmerkung von Fischer fanden indessen v. Humboldt und v. Goethe durch directe Versuche grade das Gegentheil, und die glückliche Anwendung, welche die holländischen Gärtner schon seit langer Zeit davon machen, bestätigt dies noch mehr.) Kleine Quantitäten Salz, wie auch Alkalien, Gips u. s. w. befördern die Fäulniss, daher ihre Nützlichkeit zur Düngung; grosse Mengen Salz schaden. — Pflanzen saugen den grössten Theil ihrer wässerigten Substanz aus der Atmosphäre ein. Hierzu ist ihnen vorzüglich ihre, durch ihr Vermögen Kälte zu erzeugen bewirkte, Temperatur, welche im Sommer immer niedriger als die der sie umgebenden Luft ist, behülflich. Zu dieser Kälte trägt zwar auch die beständig fortdauernde Verdunstung von Feuchtigkeit auf ihrer Oberfläche (nach v. Humboldt vorzüglich das Respirationsgeschäft der Pflanzen) viel bei, die mindere Production der Wärme in den der Sonne ausgesetzten Blättern der Vegetabilien rührt indessen mehr von ihrem glänzenden spiegelartigen Ueberzug her, der alles Licht zurückwirft. — Der Nutzen der Brache oder des öftern Auflockerns des Bodens besteht darin, dass der Boden von Neuem mit Sauerstoff geschwängert wird. Der Regen hat den Nutzen, den tiefern Gegenden des Bodens die an der Oberfläche der Absorption von Sauerstoff gebildete Kohlensäure zuzuführen, um hier von den Enden der Wurzeln aufgesogen zu werden. — Säuren, wie z. B. Schwefelsäure, Salzsäure und Salpetersäure, schienen nach Ing. Versuche das Aufkeimen der Samen und das Wachsthum der Pflanzen bedeutend zu vermehren. Kein Boden ist ohne einen Antheil von Kalk- und Bittererde und zwar im kohlensauren Zustande. Mit diesem wird die Schwefelsäure zu Gips und Bittersalz zusammengehen, während sich die Kohlensäure aus ihnen entbindet, die, von der Feuchtigkeit des Bodens zurückgehalten, ebenso leicht von den Gewächsen als ihr vorzüglichstes Nahrungsmittel absorbirt wird. Unter mehreren Neutralsalzen schien das Glaubersalz die Vegetation am besten zu befördern, und vorzüglich gross war der Effect der oxygenirten Salzsäure (Chlor), in der die Getreidekörner schon in 48 Stunden sehr schön grünten. Auch bei der Befruchtung des Bodens mit derselben zeigte sich ihr wohlthätiger Einfluss.

[73]) De Saussure: *Versuch einer Beantwortung der Frage: Ist die Bildung der Kohlensäure zum Leben und Wachsthum der Pflanzen nothwendig?* Crell Ann. 1798. I. 25–39. S. 26, Anmerkung von de Saussure: „Ich habe in einer Abhandlung, die den 16. Januar 1797 der naturforschenden Gesellschaft vorgelesen wurde, Nachricht von den Versuchen gegeben, die ich im vorhergehenden Jahre gemacht hatte, um den Einfluss der verschiedenen Arten des Düngers

Digitized by Google

lenstoff, sondern durch den der Kohlensäure, welche sowohl aus ihm selbst durch die Verwesung sich bildet, als auch aus der atmosphärischen Luft absorbirt und so den Pflanzen zugeführt wird.

Vor allen Andern verfolgte Theodor de Saussure die von Ingenhouss und Sennebier gemachten glänzenden Entdeckungen, mit dem ausdauerndsten Fleisse und unterstützt von einer seltenen Gewandtheit im Experimentiren, nach allen Richtungen hin mit einem solchen Erfolge, dass die neuere Zeit seine Versuche und Beobachtungen, sowie die Resultate, welche er aus ihnen zog, nur hat bestätigen, im Wesentlichen aber nur wenig Neues hinzufügen können. Wir werden in dem Folgenden eine Uebersicht der von Saussure in dieser Hinsicht angestellten Versuche geben und die Folgerungen mittheilen, die er aus den Resultaten derselben glaubte ziehen zu müssen. Versuche, die de Saussure bereits im Jahre 1798 mittheilte, bestätigten die schon von Perceval [74]) u. A. gemachte Erfahrung, dass die Kohlensäure das Wachsthum der Pflanze befördere und für dasselbe unentbehrlich sei, und führten zu den Folgerungen [75]): „dass die Pflanzen, sowie

---

auf das Wachsthum der Pflanzen zu finden. Ich hatte gefunden, dass durch die Berührung des Sauerstoffs der Atmosphäre mit den vegetabilischen Erden und dem Miste eine grosse Menge Kohlensäure erzeugt wurde. Diese Erzeugung hielt ich für eine der Ursachen der Wirksamkeit desselben auf das Wachsthum der Pflanzen, und ich gab die Menge des Wassers an, die, mit den vegetabilischen Erden gemischt, am meisten die Entwickelung dieser Luftart befördert. Von Ingenhouss findet sich im Journ. Britannique No. 38. Juillet 1797 eine Abhandlung über denselben Gegenstand. Er hat Versuche gemacht, die den meinigen, welche er nicht kannte, ähnlich sind, und dieselben Resultate daraus gezogen." Vergl. auch die ferneren Versuche Saussure's in: *chemische Unters. üb. d. Vegetation*, S. 125—147; und weiter unten in diesem Werke den Abschnitt über die *„Düngerarten."*

[74]) Perceval; siehe in Boussingault's *Landwirthsch.* Bd. I. S. 37 (Mém. de Manchester t. II). „Perceval wies die Wirkung der Kohlensäure direct nach. Er brachte nämlich Pflanzen in eine Atmosphäre, die sehr reich an Kohlensäure war; durch Vergleichung mit andern in atmosphärischer Luft bemerkte er, dass das Wachsthum bei ersteren viel beträchtlicher war und schneller von Statten ging."

[75]) De Saussure a. a. O. und *chemische Unters.* S. 27 u. ff. Zu den Versuchen wurden junge Erbsenpflanzen, zu jedem 3, angewendet; jede Pflanze wog 10—20 Gran und hatte eine Höhe von 3—4 Zoll und wurde in einen 11½ Zoll hohen und 3½ Zoll weiten, durch Wasser oder Oel gesperrten Gascylinder gesetzt, so dass die Wurzeln in das Wasser getaucht waren. Versuche in *atmosphärischer Luft:* nach 10 Tagen, den Tag über der Sonne ausgesetzt, betrug die Zunahme der Erbsenpflanzen durchschnittlich (von 12) für jede 8 Gran. Die Luft war nach dem Versuche ebenso rein wie vorher; sie enthielt dieselbe Menge Kohlensäure (deren Menge jedoch sehr gering war) und ihr Umfang war nicht verändert. Versuche im *Schatten:* Gewichtszunahme für jede Pflanze 5 Gran; die Luftmenge, worin sie sich befanden, war um 1½ Cubikzoll vermindert. Sie enthielt weit weniger Sauerstoff als die atmosphärische Luft, aber 0,06 Kohlensäure, während in der atmosph. Luft keine merkliche Menge der letztern nachzuweisen war. Ferner

Digitized by Google

die Thiere, beständig Kohlensäure bilden, wenn sie in der atmosphärischen Luft leben, es sei nun im Sonnenschein oder im Schatten; dass sie, wie die Thiere, diese Kohlensäure mit dem Sauer-

---

wurde der Versuch dahin abgeändert, dass die Pflanzen nie länger als 12 Stunden in der Dunkelheit blieben. Dieser Versuch wurde 10 Tage lang fortgesetzt, und am Abend wurden neue in den Recipienten hineingebracht. Die Luft enthielt nach dem Versuche 0,03 Kohlensäure und gab im Eudiometer von Fontana, mit einer gleichen Menge von Salpeterluft gemischt, 1,29. Die atmosphärische Luft gab 1,05 an und enthielt keine merkliche Menge an Kohlensäure. — *Wachsthum der Pflanzen in atmosphärischer Luft, mit Kohlensäure vermischt.* Die Glocken, in welchen mehr als $\frac{1}{4}$ Kohlensäure enthalten war, wurden mit Oel gesperrt. Die Pflanzen, dem *Sonnenlichte* ausgesetzt, verwelkten sehr bald in den Gefässen, welche $\frac{1}{2}$ und $\frac{3}{4}$ Kohlensäure enthielten. In denen, welche die Hälfte Kohlensäure enthielten, lebten sie 7 Tage, verwelkten aber nach dieser Zeit. Diejenigen Pflanzen, deren Atmosphäre $\frac{1}{4}$ Kohlensäure enthielt, erhielten sich die ganze Zeit des Versuchs hindurch, hatten aber kein Gedeihen. Die Mittelzahl ihrer Zunahme war binnen 10 Tagen nur 5 Gran. Bei $\frac{1}{8}$ Kohlensäure war sie hingegen 11 Gran. Dieser Versuch wurde mehrmals wiederholt, und die Pflanzen hatten immer ein besseres Gedeihen, als in der reinen atmosphärischen Luft. Nach Verlauf von 10 Tagen waren offenbare Beweise vorhanden, dass die Kohlensäure zersetzt war, denn mit einer gleichen Menge von Salpeterluft vermischt, wurde sie auf 0,95 reducirt. Die atmosphärische Luft gab 1,06 und enthielt keine merkliche Menge von Kohlensäure. — Im *Schatten* war die kleinste Gabe von Kohlensäure, mit der atmosphärischen Luft vermischt, dem Leben der Pflanzen schädlich. Die Pflanzen starben in einer Mischung, die $\frac{1}{4}$ Kohlensäure enthielt, nach dem 6ten Tage; enthielt sie $\frac{1}{12}$ Kohlensäure, so war das mittlere Gewicht der Zunahme der Pflanzen in 10 Tagen nur 3 Gran. Diese Atmosphäre wurde mit Kalkwasser gewaschen und, mit einer gleichen Menge von Salpeterluft gemischt, auf 1,46 reducirt. Sie enthielt 0,11 Kohlensäure. — *Wachsthum der Pflanzen in atmosphärischer Luft, die der Kohlensäure beraubt ist.* Wenn man Pflanzen der Luft aussetzt, die ihrer Kohlensäure durch Waschen mit Kalkwasser beraubt ist, so leben die Pflanzen in derselben längere Zeit fort. Ganz anders aber ist das Verhalten, wenn man etwas gelöschten Kalk in die Glasglocke hineinbringt, so dass die sich bildende Kohlensäure sogleich wieder absorbirt wird. In diesem Falle nahm am zweiten Tage die Atmosphäre der in diesem Apparate der Sonne ausgesetzten Pflanzen an Umfang ab; am dritten Tage wurden die untern Blätter gelb, am 5ten fielen alle Blätter ab und die Pflanze starb. Ihre Atmosphäre war um 3 Cubikzoll vermindert und gab, mit einer gleichen Menge von Salpeterluft gemischt, im Eudiometer 1,28; sie enthielt keine merkliche Menge von Kohlensäure. Wir finden also hier die bemerkenswerthe Thatsache bewiesen: *Die Pflanzen bilden an der Sonne mit dem Sauerstoff der Atmosphäre reine Kohlensäure, und weil sie dieselbe nach ihrer Bildung wieder zersetzen, so verderben sie nicht, wie die Thiere, die Luft, worin sie leben.* — Im *Schatten* war das Resultat ganz anders; die Pflanzen starben nicht nur nicht in dem Gefäss, welches Kalk enthielt, sondern sie hatten sogar besseres Gedeihen als in einem Gefässe, welches keinen Kalk enthielt. Die Mittelzahl der Gewichtszunahme bei 9 Erbsen betrug in dem erstern Gefäss 7 Gran für jede. Die Masse der Luft war um $4\frac{1}{2}$ Cubikzoll vermindert. Sie war sehr unrein geworden und gab mit einer gleichen Menge von Salpeterluft im Eudiometer 1,42; sie enthielt noch 0,03 Kohlensäure.

Digitized by Google

stoff der Atmosphäre bilden, und dass, wenn man diese Erzeugung nicht wahrnimmt, der Grund davon ist, dass, sowie sie gebildet wird, die Zersetzung erfolgt; dass die Gegenwart oder vielmehr die Ausarbeitung der Kohlensäure zum Wachsthum der Pflanzen in der Sonne nothwendig ist; dass das Licht das Wachsthum der Pflanzen insoweit befördert, als es zur Zersetzung der Kohlensäure beiträgt, und dass die stärkste Gabe von Kohlensäure, die das Wachsthum der Pflanzen im Sonnenscheine begünstigt, ihm in der Dunkelheit schädlich wird." Woodhouse[76]) stellte eine grosse Anzahl von Versuchen an, die im Allgemeinen die Thatsache bestätigten, dass die Blätter aus der Kohlensäure im Sonnenlichte Sauerstoff ausscheiden, im Einzelnen jedoch keine besondern Folgerungen zu ziehen erlauben; er glaubte sich ferner zu der Annahme berechtigt, dass die Entwickelung des Sauerstoffs durch die Pflanzen nicht, wie Priestley, Ingenhouss u. A. angenommen hatten, fähig sei,

---

[76]) James Woodhouse: *Versuche und Beobachtungen über die Vegetation der Pflanzen, welche darthun, dass die Vegetation im Sonnenlichte die Luft nicht bessert* (Nicholson's Journ. etc. 1802. Vol. II. p. 150), Gilb. Ann. XIV. 348—363. W. fand in der atmosph. Luft, in welche Pflanzen eingeschlossen waren, fast immer Kohlensäure, und so oft dieses der Fall war, fand sich die Reinheit der Luft vermindert. In reinem Sauerstoffgas bildeten die Pflanzen ebenfalls kohlensaures Gas; die Pflanzen wurden weiss und gelb, und wenn man sie in atmosph. Luft brachte, starben sie ab. — „Die Vegetation der Pflanzen hat auf die Luft denselben Einfluss, als die Vegetation der Samen aus denselben Gründen. Sind die Pflanzen lange Zeit eingeschlossen, so welkt ein Theil ihrer Blätter und der Kohlenstoff dieser abgestorbenen Blätter giebt bei der Vereinigung mit dem Sauerstoffe der Atmosphäre Kohlensäure. Die grünenden Blätter zersetzen die Kohlensäure und absorbiren den Kohlenstoff, indess der freigewordene Sauerstoff wieder die Gasform annimmt. Jedesmal, wenn sich der Sauerstoff mit dem Kohlenstoffe der vegetabilischen oder animalischen Substanzen in der Erde, worin die Pflanzen wachsen, oder mit dem Kohlenstoffe der abgestorbenen Blätter vereinigt, und wenn die Kohlensäure schneller entsteht, als die lebenden Blätter sie zersetzen, sterben die Pflanzen schnell. Wird eine gesunde Pflanze, die in einer Erde wächst, welche wenig oder gar keine vegetabilischen oder animalischen Substanzen enthält, in atmosphärische Luft eingeschlossen, so kann sie lange darin leben, ohne sich zu verändern." Ferner bestätigte W. durch zahlreiche Versuche in mit Kohlensäure geschwängerter atmosph. Luft, dass die Kohlensäure durch die grünen Pflanzen in dem Sonnenlichte zersetzt werde, während der Nacht jedoch sich wiederum erzeuge. Die Menge des im Sonnenlichte durch unter Brunnenwasser, das Kohlensäure enthielt, befindliche Blätter erhaltenen Sauerstoffs war verschieden nach den Pflanzen, der Witterung u. s. w.; gleichfalls wurde bestätigt, dass kohlensäurefreies Wasser im Sonnenlichte kein Sauerstoffgas entwickele. — „Nach einigen Naturforschern hauchen manche Pflanzen des Nachts Kohlensäure aus. Da aber die Menge des kohlensauren Gases von der Verderbniss der Blätter und der Temperatur, in welcher sie sich befinden, abhängt, so muss man die Erzeugung desselben eher den verwelkten Theilen der Blätter, deren Kohlenstoff sich mit dem Sauerstoffe der Atmosphäre verbindet, als irgend einer andern Ursache zuschreiben."

Digitized by Google

den durch Verbrennung, Athmen und Oxydation verloren gegangenen Sauerstoff der Atmosphäre zu ersetzen, und zwar aus den Gründen, weil die Blätter den Sauerstoff aus der Kohlensäure nur im Sonnenlichte ausscheiden, weil jeder noch so kleine Insectenstich einen Theil des Blattes welken macht, und dieser dann am Tage sowohl als in der Nacht Sauerstoff absorbirt, weil im Herbste die Blätter gewöhnlich alle abfallen, in Gährung oder Fäulniss übergehen und so die Reinheit der Luft vermindern, und endlich weil dasselbe auch die Blüthen und Früchte der Pflanzen veranlassen.

Die ferneren Versuche de Saussure's haben den Vegetations- und Ernährungsprocess in hohem Grade aufgeklärt. Ihm verdanken wir die Entdeckung, dass die Pflanzen mit dem Kohlenstoff der Kohlensäure auch einen Theil des Sauerstoffs der letztern absorbiren, indem die Menge des ausgehauchten Sauerstoffes nicht völlig dem Volumen der absorbirten Kohlensäure entspricht [77]).

---

[77]) De Saussure: *chemische Unters. über die Vegetation*, S. 37 u. ff. Saussure bildete eine künstliche Atmosphäre, die etwa 290 Cubikzoll einnahm und aus gewöhnlicher atmosphärischer Luft und einer solchen Quantität Kohlensäure bestand, dass die letztere dem Volumen nach 7½ Proc. ausmachte. Die Glasglocke war durch Quecksilber gesperrt und dieses mit einer dünnen Wasserschicht bedeckt, um den schädlichen Einfluss der Quecksilberdünste auf die Vegetation der Pflanzen zu vermeiden. In diese Atmosphäre wurden 7 Ephenpflanzen *(Vinca pervinca)*, die zusammen einen Raum von 10 Cub. Decimeter einnahmen, gebracht, indem ihre Wurzeln in ein Gefäss tauchten, das 15 Cub. Centimeter Wasser enthielt. Nachdem die Pflanzen 6 Tage lang jeden Tag von 5—11 Uhr Morgens dem Einfluss der Sonnenstrahlen ausgesetzt gewesen waren, wurden sie am 7ten Tage herausgenommen, ohne dass sie eine sichtbare Veränderung erlitten hätten. Das Volumen der Luft hatte sich nicht verändert, wenigstens nicht über 20 Cub. Centimeter, welches Volumen innerhalb der Beobachtungsfehler lag. Es war keine Kohlensäure mehr vorhanden und die Sauerstoffmenge war von 21 auf 24 Proc. gestiegen. In einem andern Apparat, in welchem die Luft aber nicht mit Kohlensäure vermischt war, zeigte sich, nachdem eine gleiche Anzahl Pflanzen ebenso lange darin sich befunden hatte, diese Luft hinsichtlich ihrer Reinheit und ihres Volumens durchaus nicht verändert. Die Luft aus dem ersteren Apparate gab bei der Analyse an Volumtheilen:

	Stickst.	Sauerst.	Kohlensäure.
Vor dem Versuche:	5746 = 4199	— 1116	— 431 Cb.C.
Nach „ „ :	5746 = 4338	— 1408	— 0 „
	0 + 139	+ 292	— 431 Cb. C.

Es waren also 431 Cub. Cent. Kohlensäure vollständig verschwunden und dagegen hatte sich das Volumen des Sauerstoffs nur um 292 Cb. C. vergrössert. Die Pflanzen mussten also die fehlenden 139 Cb. C. Sauerstoffgas assimilirt haben, wogegen sie ein gleiches Volumen Stickstoffgas entwickelt hatten. — Bei mehrmaliger Wiederholung des angeführten Versuches erhielt Saussure immer dieselben Resultate; bei einem mit der Wassermünze *(Mentha aquatica)* angestellten Versuche hatten sich anstatt 309 Kohlensäure 224 Sauerstoff und 86 Stickstoff (= 310), bei dem rothen Weiderich *(Lythrum salicaria)* anstatt 149 Kohlensäure 121 Sauerstoff und 21 Stickstoff (= 142), bei der genue-

Digitized by Google

Dieselben Versuche haben zugleich ergeben, dass mit dem Sauerstoffgase auch eine gewisse Quantität Stickstoffgas frei wird, und dass das Volumen dieser beiden Gase zusammen dem des verschwundenen Kohlensäuregases sehr nahe gleich ist, woher sich erklärt, dass das Volumen der ganzen Luftmenge, trotz dem, dass ein Theil des Sauerstoffs von den Pflanzen zurückgehalten wird, oft sich nicht verändert. Man muss annehmen, dass das entwickelte Stickstoffgas aus den Zellen der Pflanzen herstammt, oder zum Theil auch vorher von dem Wasser absorbirt gewesen war, welches mit den Wurzeln in Berührung stand, da es sehr unwahrscheinlich ist, dass dasselbe durch Zersetzung einer stickstoffhaltigen Substanz in der Pflanze selbst sollte entstanden sein, welche letztere Ansicht auch aus den von Boussingault ausgeführten Bestimmungen des Stickstoffgehaltes verschiedener Pflanzen sich widerlegt [78]). Es liesse sich deshalb vermuthen, dass der in die umgebende Atmosphäre übergetretene Stickstoff durch einen Theil des aus der Kohlensäure entbundenen Sauerstoffes ersetzt worden sei, und es würde daher das Volumen des entwickelten Sauerstoffgases dem der verschwundenen Kohlensäure gleich und die letztere durch das erstere ersetzt sein. Jedoch haben die Pflanzen, wie sich weiter aus den Versuchen de Saussure's ergiebt, im Allgemeinen die Eigenschaft, den Sauerstoff aus der sie umgebenden Atmosphäre in sich aufzunehmen, und zwar ist dies Vermögen nicht an die Zersetzung der freien Kohlensäure gebunden, denn jene Absorption des Sauerstoffs findet auch Statt, wenn gar keine Kohlensäure vorhanden ist; dieses zeigt sich besonders im Dunkeln, denn während der Nacht nehmen die Pflanzen eine gewisse Menge Sauerstoff auf, die nur zum Theil in Kohlensäure verwandelt und wieder ausgestossen wird (wobei also das Volumen der Luft sich vermindert); werden sie dann wiederum dem Sonnenlichte eine Zeitlang ausgesetzt, so wird das verschwundene Sauerstoffgas allmählig wieder

---

sischen Fichte *(Pinus genevensis)* anstatt 306 Kohlensäure 246 Sauerst. und 20 Stickstoff (= 266) und bei der Opuntie *(Cactus opuntia)* anstatt 184 Cb. C. Kohlensäure 126 Sauerst. und 57 Stickstoff (zusammen = 183 Cb. C.) gefunden.

[78]) Boussingault: *Landwirthsch.* I. S. 40. „Saussure giebt das Gewicht der getrockneten Epheupflanzen zu 2,7 Grm. an; nach den zahlreichen Bestimmungen des Stickstoffgehaltes in Pflanzen von verschiedenen Species und verschiedenem Alter glaube ich versichern zu können, dass diese Epheupflanzen (getrocknet) in 1 Grm. nicht über 0,025 Grm. Stickstoff enthalten; dies würde für die Menge von 2,7 Grm. Pflanzensubstanz 0,0675 Grm. Stickstoff ergeben, was, nach Rauminhalt berechnet, ungefähr 53 Cb. Cent. betragen würde. Bei dem ersten Versuch war der entwickelte Stickstoff = 139 Cb. C., also bei weitem grösser, als er dieser eben gemachten Annahme nach sein könnte. Hierzu kommt noch, dass der Gesundheitszustand der Pflanzen am Ende des Versuchs die Annahme nicht wohl zuliess, dass eine Zersetzung sämmtlicher in den Pflanzen vorhandener stickstoffhaltigen Substanzen erfolgt sei."

Digitized by Google

frei und die Luft, welche die Pflanzen umgiebt, erhält wieder dieselbe Zusammensetzung und dasselbe Volumen, wie sie vor dem Versuche zeigte. Saussure nennt dies Verhalten der Pflanzen *Einhauchung (inspiration)* und *Aushauchung (exspiration)* und fand dasselbe namentlich bei saftigen Pflanzen, wie bei den Cactusarten, sehr deutlich, indem diese anfangs keine Kohlensäure bilden, sondern nur Sauerstoffgas einsaugen und wiederum aushauchen, welchen Versuch man mehrmals mit demselben Blatte wiederholen kann [79]). Er fand ferner, dass die Menge des absorbirten Sauer-

---

[79]) De Saussure a. a. O. S. 54—82. Vergl. auch Gilb. Ann. XVIII. 211—223. 1804. Blätter und Zweige von *Cactus opuntia*, deren Volumen 6 Cub. Zoll betrug, wurden in eine Glocke gebracht, die 48 Cub. Zoll Luft enthielt; während der Nacht hatte das Volumen der Luft um 4 Cub. Zoll abgenommen; der Sauerstoffgehalt hatte sich von 0,21 bis auf 0,14 vermindert; Kalkwasser verrieth keine Spur von Kohlensäure in dem Rückstande; selbst als zugleich mit dem Cactus Kalkwasser in den Recipienten gebracht und eine Nacht über darin gelassen wurde, war darin kein kohlensaurer Kalk entstanden. Nach diesem Versuche waren also von 10 Cubikzoll Sauerstoffgas der atmosphärischen Luft während der Nacht 4 Cb. Z. von der Pflanze eingehaucht worden. Da nun die Verminderung des Luftvolumens genau ebenso gross war, so hatte die Pflanze kein Stickgas in irgend einer wahrnehmbaren Menge eingesogen, sondern nur Sauerstoffgas, und zwar dem Volumen nach $\frac{4}{10}$ ihres eignen Volumens. Die Menge des absorbirten Sauerstoffgases ist bei verschiedenen Cactus verschieden und beruht theils auf dem Zustande der Pflanze, die mehr einhaucht, wenn sie viguröser ist, theils auf der Temperatur, da bei 20 bis 25° R. die Einhauchung in gleicher Zeit grösser ist als bei 10 bis 15° Wärme. Lässt man die Pflanze länger im Dunkeln stehen, so wird noch mehr Sauerstoffgas eingehaucht, aber immer langsamer, bis sie nach 36 bis 40 Stunden ungefähr $\frac{4}{5}$ ihres Volumens aufgenommen hat. Nachher aber wird durch sie das Volumen ihrer Atmosphäre, wenn diese noch Sauerstoffgas enthält, weder vermindert noch vermehrt, so lange der Versuch auch dauern mag, selbst wenn man ihn einen Monat lang, oder bis zum Tode der Pflanze fortsetzt. — Aber die mit Sauerstoffgas gesättigten Cactusblätter hören deswegen nicht auf, die sie umgebende Atmosphäre zu verändern; sie bilden nämlich in jenem Zustande, ohne im mindesten dabei zerstört zu werden, aus ihrem eignen Kohlenstoffe und aus dem Sauerstoffgase der Atmosphäre Kohlensäure, wodurch jedoch das Volumen der Luft, wie bekannt, keine Veränderung erleidet. In derselben Zeit consumiren die mit Sauerstoffgas gesättigten Blätter, bei diesem Bilden von kohlensaurem Gas, nur ungefähr halb so viel Sauerstoff als zuvor beim Einsaugen. Die meisten Blätter, besonders die, welche nicht fett sind, bilden schon während des Einsaugens von Sauerstoffgas freies kohlensaures Gas. Mehrentheils saugen sie weniger, und keine einzige mehr ein als der Cactus. — Das Sauerstoffgas ferner, welches vom Cactus oder von andern Blättern eingesogen worden ist, wird in ihnen durch eine so mächtige Anziehung zurückgehalten, dass es weder durch *Verdünnung der Luft*, noch durch *dunkle Wärme*, die nicht so stark ist, dass sie die Pflanze tödtet, wieder ausgetrieben werden kann. („Höchst wahrscheinlich erhält man durch Auspumpen der Luft aus der Pflanze nur die Luft, welche sich frei in ihren Gefässen befindet; diese Luft wurde immer minder rein als die atmosphärische gefunden: aus einer Cactuspflanze erhielt ich am Abend eine Luft, die aus 19 Proc. Sauerstoff und 81 Proc. Stickgas bestand;

Digitized by Google

stoffes verschieden sei bei verschiedenen Pflanzen, bei ungleicher Jahres- und Tageszeit, und dass sie bei den Individuen derselben

---

nachdem 6 Cb. Z. derselben Pflanze während der Nacht 4 Cb. Z. Sauerstoffgas absorbirt hatten, erhielt ich am folgenden Morgen durch dieselbe Behandlung eine Luft, die nur 15 Proc. Sauerstoff enthielt; und aus einer völlig mit Sauerstoffgas gesättigten Cactuspflanze eine Luft, deren Kohlensäuregehalt 0,02 bis 0,03 betrug, welche Kohlensäure nicht den 50sten Theil des von der Pflanze aufgesogenen Sauerstoffgases enthält.“) Als ferner mit Sauerstoffgas gesättigte Blätter im Schatten unter Wasser gebracht wurden, das auf 30 bis 40° erwärmt wurde, gaben sie $\frac{1}{6}$ ihres Volumens an Luft und diese bestand aus 0,89 Stickgas und 0,11 kohlensaurem Gas. — In einer Atmosphäre, die *kein freies Sauerstoffgas* enthält, hauchen die Blätter über Nacht keine bemerkbare Menge ein, wie die Versuche mit Stickgas, Wasserstoffgas oder mit reinem kohlensauren Gas ergaben; vielmehr vermehrt sich das Volumen, indem kohlensaures Gas hinzu kommt, dessen Menge während einer Nacht auf $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ des Volumens des Cactus betrug und desto geringer war, je viguröser die Pflanze war. Jedoch scheint in der That eine geringe Menge mechanisch in das Innere der Pflanze einzudringen; denn ein Cactus, der die Nacht über sich in reinem Wasserstoffgas befunden hatte, gab unter der Luftpumpe $\frac{1}{6}$ seines Volumens an Luft, und diese Luft bestand aus 0,4 Wasserstoffgas, 0,4 Stickgas und 0,2 kohlensaurem Gas. Wenn man einen Cactus, der die Nacht über in Wasserstoffgas gewesen ist, in atmosphärische Luft bringt, so saugt er im Dunkeln so viel Sauerstoffgas ein, als sein eignes Volumen beträgt, also nahe ebenso viel, als wenn er gar nicht im Wasserstoffgase sich befunden hätte. Dasselbe war der Fall bei einer Cactuspflanze, die vorher in kohlensaurem Gas die Nacht über gewesen war, wobei sich anfangs die atmosphärische Luft etwas ausdehnt, indem sich etwas kohlensaures Gas (etwa $\frac{1}{4}$ des Volumens der Pflanze) in ihr sich verbreitet; darauf tritt aber ebenfalls das Phänomen des Einsaugens ein u. s. w. (Cactus kann 2 bis 3 Tage lang in reinem kohlensauren Gas ausdauern, ohne zu sterben.) — *Aushauchen des Cactus in atmosphärischer Luft.* „Die 6 Cubikzoll (119 Cb. Cent.) Cactus, welche während einer Nacht aus der atmosphärischen Luft 4 Cb. Z. (79 Cb. C.) Sauerstoffgas eingesogen, wurden am Morgen völlig trocken in einen andern Recipienten gebracht, der 48 Cb. Z. (951 Cb. C.) atmosph., von kohlensaurem Gas befreiter Luft enthielt, und darin, ohne die Wände der Glocken zu berühren, in die *Sonne* gesetzt. Am Abend hatte die Atmosphäre um 4,4 Cb. Z. (87 Cb. C.) an Umfang zugenommen; sie enthielt kein kohlensaures Gas, der Sauerstoffgehalt hatte sich aber von 0,21 auf 0,27$\frac{1}{2}$ erhöht. Aus dieser Beobachtung folgt, dass die Luft des Recipienten enthielt:

	Sauerstoffgas.		Stickgas.	
	Cb. Z.	Cb. C.	Cb. Z.	Cb. C.
Vor dem Einsaugen	10,1	(200)	37,9	(751)
Nach dem Aushauchen	14,28	(283)	38,1	(755)
Unterschied oder Aushauchung	4,18	(83)	0,2	(4,18).

Dieselben Blätter liess ich die nächste Nacht über in einem Recipienten mit atmosphärischer Luft; sie sogen daraus 3$\frac{1}{4}$ Cb. Z. (74 Cb. C.) Sauerstoffgas ein. Den andern Tag hauchten sie in der Sonne 4 Cb. Z. (79 Cb. C.) Sauerstoffgas und $\frac{1}{4}$ Cb. Z. (5 Cb. C.) Stickgas aus. So fuhr ich 7 Tage lang fort; die Menge des die Nacht über eingesogenen, sowie des in der Sonne ausgehauchten Sauerstoffgases nahm täglich ab, die Menge des ausgehauchten Stickgases zu. Die Summe aller Einhauchungen durch denselben Cactus während 7 Nächte betrug 21$\frac{3}{4}$ Cb. Z. (331 Cb. C.) Sauerstoffgas; die Summe der ganzen Aushauchung an den dazwischen lie-

Digitized by Google

Species variire nach deren mehr oder weniger entwickeltem oder gesundem Zustande. Die mit immergrünem Laube versehenen Pflanzen absorbiren weniger als die, deren Blätter jährlich abfal-

---

genden 7 Tagen in der Sonne betrug 29½ Cb. Z. (584 Cb. C.), welches aus 23½ Cb. Z. Sauerstoffgas und 6½ Cb. Z. Stickgas bestand. Das zuletzt (am 7ten Tage) ausgehauchte Gas bestand mehr als zur Hälfte aus Stickgas, indess das zuerst ausgehauchte nur $\frac{1}{16}$ seines Volumens an Stickgas enthielt. — In diesem Versuche wurde zwar etwas mehr Sauerstoffgas ausgehaucht, als die Pflanze eingesogen hatte, allein der Unterschied ist zu geringe (nur ein Theil des Volumens der Pflanze), als dass sich daraus zu Gunsten der *Zersetzung des Wassers* in der Pflanze etwas schliessen liesse." — Gleichfalls ging die Aushauchung in destillirtem Wasser vor sich, nur langsamer, weil die Pflanze nun langsamer durch die Sonne erwärmt wurde und sich in einem für sie nicht passenden Medium befand. Das ausgehauchte Gas war aber gleich anfangs mit viel Stickgas vermischt. So absorbirten 6 Cb. Z. Cactus in 7 Nächten 17 Cb. Z. Sauerstoffgas und hauchten unter Wasser in ebenso viel Tagen 19 Cb. Z. Gas aus, welches aus 13,3 Cb. Z. Sauerstoffgas und 5,7 Cb. Z. Stickgas bestand. „Man kann sich der Bemerkung nicht erwehren, dass das Stickgas durch Entmischung der Pflanze entsteht; die Pflanze giebt es in bedeutender Menge nur, wenn sie leidet, sei es durch die Länge des Versuches, oder dadurch, dass sie sich in einem Medio befindet, welches ihr nicht zuträglich ist." In *Stickgas* zeigte sich ein stärkeres Aushauchen als unter Wasser; das ausgehauchte Gas war aber auch minder rein als in atmosphärischer Luft. *Die Aushauchung ist der Einhauchung proportional.* Sechs Cb. Z. Cactus, die während 12 Stunden im Dunkeln 4 Cb. Z. Sauerstoffgas eingeathmet hatten, athmeten unmittelbar darauf in der Sonne, innerhalb 7 Stunden, 4,2 Cb. Z. Sauerstoffgas aus. Dieselbe Pflanze, nachdem sie in 36 Stunden im Dunkeln aus der atmosphärischen Luft 7½ Cb. Z. Sauerstoffgas eingesogen hatte, hauchte an der Sonne in 7 Stunden wieder 7½ Cb. Z. aus. Folglich nimmt die Aushauchung zugleich mit der Einhauchung zu. „Ich halte dieses Resultat für wichtig, weil es beweist, dass das Aushauchen von Sauerstoffgas, welches eine Wirkung des Einhauchens ist, wohl unterschieden werden muss von einer Entwickelung von Sauerstoffgas, die man einer Zersetzung des Wassers zuschreiben könnte." Befanden sich die Cactuspflanzen während der Nacht in reinem *Stickgas* oder in reinem *Wasserstoffgas* und wurden sie darauf in atmosphärischer kohlensäurefreier Luft der Sonne ausgesetzt, so hauchten sie freilich am ersten Tage Sauerstoffgas aus, aber nur halb so viel, als wenn sie die Nacht über in atmosphärischer Luft gewesen wären; am zweiten Tage gaben sie nur halb so viel Sauerstoffgas als den Tag zuvor; am dritten Tage noch weniger; am 5ten Tage waren sie todt und in Fäulniss. Das Sauerstoffgas, welches sie während dieses ganzen Versuchs ausathmeten, betrug weniger als ihr Volumen. Wurde, umgekehrt, der Cactus Nachts in atmosphärische Luft und den Tag über im Lichte in Stickgas gebracht, so liess er sich 14 Tage lang erhalten, ohne zu verwelken, und das Sauerstoffgas, welches er aushauchte, übertraf 5 bis 6 Mal das Volumen des letztern; die Menge desselben war, so zu sagen, unbegränzt. „Diese Versuche beweisen ferner, dass die Blätter vorzüglich nur des Nachts der Berührung mit Sauerstoffgas bedürfen. Daraus lässt sich folgern, dass, wenn Pflanzen in einem schwach erleuchteten Behältnisse erhalten werden sollen, worin die Luft immer mehr oder weniger verdorben ist, wie das in manchen Gewächshäusern der Fall ist, man sie so stellen muss, dass sie um so mehr frische Luft erhalten, an einer je dunklern Stelle sie stehen."

Digitized by Google

len; im Frühling ist die Absorption gewöhnlich grösser als im Herbste u. s. w. [80]). Dieses Einathmen des Sauerstoffgases ist

---

[80]) Saussure: *chem. Unters.* S. 84 ff. Wir fügen hier die Tabelle der Beobachtungen bei, aus welcher die im Texte angegebenen Resultate hervorgegangen sind. Die Versuche wurden in langen Recipienten angestellt, die durch Quecksilber, das auf der Oberfläche ein wenig befeuchtet war, verschlossen waren. Sie enthielten 50 Cb. Z. (99 Cb. C.) atmosphärischer Luft und 1 Cb. Z. (20 Cb. C.) Blätter. Diejenigen, welche nicht fleischig waren, füllten bei diesem Volumen fast den ganzen Raum des Recipienten aus. Sie mussten 24 Stunden lang in der Dunkelheit im Experimente unterhalten werden, weil mehrere von ihnen in einer kürzeren Zeit, unter dem Volumen, was sie annahmen, keine genug bemerkbaren Wirkungen hervorgebracht haben würden. Sie wurden durchaus nicht welk und verloren nichts von ihrem frischen Aussehen bei diesen Versuchen, die bei einer Temperatur von 15 bis 16° R. angestellt wurden. Die in dieser Tabelle angegebenen Zahlen sind auf das Volumen der Blätter, welches als Einheit angenommen wurde, zurückgebracht. Man muss also, wenn die Zahl 5,5 die Menge des durch Eichenblätter verzehrten Sauerstoffgases angiebt, dieses so verstehen, dass diese binnen 24 Stunden 5½ Mal ihr Volumen von Sauerstoffgas, entweder durch Einathmen oder durch die Bildung von freier Kohlensäure, zum Verschwinden gebracht haben. Bei jedem dieser Versuche haben die Einathmungen das Volumen der Blätter nicht merklich überstiegen und in den meisten Fällen sind sie geringer gewesen.

Blätter von immergrünenden Bäumen und Sträuchern.

Stechpalme *(Ilex aquifolium)* im September	0,86
Buchsbaum *(Buxus sempervirens)* im September	1,46
Kirschlorbeer *(Prunus Lauro-Cerasus)* im Mai, neue Blätter	3,2
" " " " " September	1,36
Laurustinus *(Viburnum Tinus)* im September	2,23
Epheu *(Hedera Helix)* im September	1
Singrün *(Vinca minor)* im Juni	1,5
" " " " September	0,93
Fichte *(Pinus Abies)* im September	3
Hasenohr *(Bupleurum fruticosum)* im Mai	4
Sadebaum *(Juniperus Sabina)* im Juni	2,6
Wachholder *(Juniperus communis)* im Juni	2,4.

Blätter von Bäumen und Sträuchern, die sich im Winter entlauben.

Rothbuche *(Fagus sylvatica)* im August	8
Steinbuche *(Carpinus Betulus)* im Mai	5
" " " " September	6
Eiche *(Quercus Robur)* im Mai	5,5
" " " " September	5,5
Rosskastanie *(Aesculus Hippocastanum)* im September	4,8
Pappelbaum *(Populus alba)* im Mai	6,2
" " " " September	4,36
Apricose *(Prunus armenica)* im September	8
Pfirsiche *(Amygdalus persica)* im Juni	6,6
" " " " September	4,2
Wallnussbaum *(Juglans regia)* im Mai	6,6
" " " " September	4,4
Platanus *(Platanus occidentalis)* im September	3

Digitized by Google

kein mechanischer Process, dann müsste dasselbe auch in einer Atmosphäre von Stickstoff- oder Wasserstoffgas vor sich gehen, welches jedoch nicht, wenigstens nur in sehr geringem Maasse, der

---

Acacie *(Robinia pseudo-Acacia)* im Mai	5
" " " " " September	6,7
Span. Hollunder *(Syringa vulgaris)* im Mai	3,36
" " " " " September	2,2
Esche *(Fraxinus excelsior)* im Mai	4,32
" " " " September	3,71
Birnbaum *(Pyrus)* im Mai	5,2
" " " " September	3,4
Rose *(Rosa centifolia)* im Juni	4,5
Zahme Kastanie *(Fagus Castanea)* im Juli	5,6.

Blätter von krautartigen, aber nicht im Wasser wohnenden Pflanzen.

Kartoffel *(Solanum tuberosum)* im September, vor d. Blühen	2,5
Kohl *(Brassica oleracea)* im September, junge Blätter	2,4
" " " " " alte Blätter	2
Eiternessel *(Urtica urens)* im September	2
Bingelkraut *(Mercurialis annua)* im Sept., während d. Blüthezeit	2,33
Möhre *(Daucus Carota)* im September, während d. Blüthezeit	1,9
Bufbohne *(Vicia Faba)* im Septemb., vor dem Blühen	3,7
" " " " " während der Blüthezeit	2
" " " " " nach dem Blühen	1,6
Lilie *(Lilium candidum)* im Mai, vor dem Blühen	0,66
" " " " September, nach der Blüthe	0,5
Span. Kresse *(Tropaeolum majus)* im Septb., während d. Blüthe	3
Fingerhut *(Digitalis ambigua)* im Juli	2
Rübe *(Brassica Rapa)* im September, in der Blüthe	1,25
Hafer *(Avena sativa)* im Juni, vor der Blüthe	2,7
Weizen *(Triticum aestivum)* im Mai, vor der Blüthe	5
Erbse *(Pisum sativum)* im Mai, in der Blüthe	3,72
Raute *(Ruta graveolens)* im August	2.

Blätter von Sumpf- und Wasserpflanzen.

Froschlöffel *(Alisma plantago)* im August	0,7
Alant *(Inula dysenterica)* im September	1,6
Weiderich *(Epilobium molle)* im August, während d. Blüthe	1,9
Brunnenkresse *(Sisymbrium Nasturtium)* im September	1,6
Flohknöterich *(Polygonum persicaria)* im Septb., in d. Blüthe	2
Bachbungen *(Veronica Beccabunga)* im September	1,7
Hahnenfuss *(Ranunculus reptans)* im September	1,5
Rother Weiderich *(Lythrum salicaria)* im Mai, vor d. Blühen	2,3
Dotterblume *(Caltha palustris)* im Mai	1
Riedgras *(Canex acuta)* im Mai	2,25.

Blätter von fleischigen Gewächsen.

Hauslaub *(Sempervivum tectorum)* im Juli	1
Agave americana im August	0,3
Sedum globosum im September	1,5
Saxifraga cotyledon im September	0,6
Sedum reflexum im Juni	1,7
Stapelia variegata im Juli	0,63
Mesembryanthemum deltoides im Juli	1,7
Cactus opuntia im August	1.

Digitized by Google

Fall ist; ebenso wenig wird das eingeathmete Sauerstoffgas durch Aufhebung des Luftdruckes oder durch Anwendung einer erhöhten Temperatur im Dunkeln wieder ausgetrieben. Es muss deshalb jene Einathmung, wie es scheint, auf einer chemischen Ursache beruhen, die darin besteht, dass während der Nacht durch Einathmung von Sauerstoff auf Kosten des in der Pflanze befindlichen Kohlenstoffs Kohlensäure gebildet wird, und dass diese Säure in dem Parenchym der Pflanze ganz oder zum Theil noch condensirt bleibt, selbst wenn auch das letztere mehr oder weniger mit Wasser getränkt ist; erst der Einfluss des Sonnenlichtes hebt jene Anziehung wieder auf und lässt das eingehauchte Sauerstoffgas durch Zersetzung der Kohlensäure wieder austreten, wobei jedoch neben dem Kohlenstoff ein Theil des Sauerstoffs gebunden bleibt und assimilirt wird. Die Absorption von Sauerstoff und die Zersetzung der Kohlensäure im Tageslichte scheint von einer eignen organischen Structur der Blätter bedingt zu sein; denn dieselbe hört auf, sobald diese zerstossen und zerquetscht dem Einflusse des Sonnenlichtes ausgesetzt werden; in diesem Falle bildet sich bei Tage wie bei Nacht aus dem Sauerstoffe der atmosphärischen Luft und dem Kohlenstoffe der todten Masse nur ein wenig Kohlensäure, in Folge der sich zersetzenden vegetabilischen Substanz.

Saussure [81]) stellte ferner durch Versuche fest, dass Pflanzen in einer Atmosphäre von reinem Sauerstoffgase im Schatten nicht so gut gedeihen, als wenn demselben ein wenig Stickgas oder Wasserstoffgas beigemengt ist. Im Lichte verhalten sie sich fast ebenso wie in der atmosphärischen Luft. Stickgas, Wasserstoffgas oder Kohlenoxydgas scheinen sich indifferent gegen die Pflanzen zu verhalten; die letzteren, welche mit diesen Gasen umgeben sind, gehen allmählig aus, wegen Mangel an Kohlensäure und Sauerstoffgas.

In ähnlicher Weise wie die Blätter untersuchte Saussure auch das Verhalten der übrigen Theile der Pflanzen gegen die umgebende Atmosphäre und namentlich gegen Sauerstoffgas; er fand, dass jene Eigenschaft, die Kohlensäure unter dem Einflusse des Sonnenlichtes zu zersetzen, nur den grünen Theilen (den Blättern und grünen Stengeln) der Pflanze zukomme, dass dagegen alle andern Theile, wie die Wurzeln, Holz, Blüthen und Früchte, diese Fähigkeit nicht besässen, sondern dass deren Wirkung auf das Sauerstoffgas der atmosphärischen Luft sich nur darauf beschränke, dieses in Kohlensäure zu verwandeln, welche sodann durch die Saft- und Luftgefässe den grünen Theilen der Pflanze zugeführt werden, um dort die erste Umänderung zu erleiden und darauf zu mannigfaltigen organischen Gebilden die Veranlassung zu geben. Das Vorhandensein des Sauerstoffs in der Luft, welche die Wurzeln umgiebt, ist zu dem Gedeihen der ganzen Pflanze unentbehr-

[81]) A. a. O. S. 82 u. 83.

Digitized by Google

lich und die Umbildung des Sauerstoffes in Kohlensäure geht sowohl im Lichte, wie im Dunkeln vor sich [82]). In ähnlicher Weise verhalten sich die Blüthen; sie entfalten sich nicht in einer sauerstofffreien Atmosphäre; sie erfordern im Gegentheil zu ihrer Entwickelung und ihren Functionen eine grössere Menge Sauerstoffgas, als irgend ein anderer Theil der Pflanze; sie absorbiren alle Sauerstoffgas, freilich nach den verschiedenen Species in veränderlicher Menge, und Saussure fand, dass 1 Cubikcentimeter Blumen in 200 Cb. C. atmosphärischer Luft innerhalb 24 Stunden 5 bis 10 Cb. C. Sauerstoffgas in Kohlensäure verwandelt und dass sie also im Allgemeinen weit mehr als grüne Blätter im Dunkeln erzeugen [83]). Er fand ferner, dass dies Vermögen den Geschlechts-

---

[82]) Saussure a. a. O. S. 94. — Boussingault: *Landwirthschaft*, S. 42 u. ff. giebt eine kurze Uebersicht der Resultate der von Saussure über das Verhalten der Wurzeln gegen das Sauerstoffgas angestellten Versuche und knüpft daran einige Bemerkungen: „Die im Boden versenkten Wurzeln sind der Einwirkung des Sauerstoffgases ebenfalls unterworfen. Die Erde muss locker und demnach durchdringlich sein, wenn sie ihre Functionen verrichten soll. Hales zeigte schon vor langer Zeit, dass die Luft in den Zwischenräumen des Pflanzenbodens eine noch ziemlich beträchtliche Quantität Sauerstoff enthielt. Die Wurzeln sind um so stärker, je näher sie der Oberfläche der Erde liegen. Unter den Tropen bemerkt man bei einer grossen Menge von Bäumen kriechende Wurzeln, deren Stärke von der des Stammes wenig verschieden ist. — Bringt man eine vom Stamme getrennte Wurzel unter eine Glocke, die mit Sauerstoff gefüllt ist, so vermindert sich das Volumen desselben; es bildet sich Kohlensäure, von der ein Theil sich mit der Luft des Recipienten mengt, während der andere durch die Feuchtigkeit der Wurzel zurückgehalten wird. Das Volumen des zurückgehaltenen Gases bleibt stets geringer als das der Wurzel selbst, wie lange man auch den Versuch fortsetzen möge. Unter diesen Umständen verhalten sich die Wurzeln, sowohl im Dunkeln als im Licht, wie die Blätter im Dunkeln. Sind die Wurzeln noch am Stengel, so sind die Resultate etwas anders. Stellt man den Versuch so an, dass Stengel und Blätter in freier Luft sind, während die Wurzeln in einer abgesperrten Atmosphäre von Sauerstoff sich befinden, so absorbiren letztere ein Volumen Sauerstoff, welches mehreremal grösser ist als ihr eigenes. Hier wird nämlich die gebildete und absorbirte Kohlensäure in die ganze Pflanze vertheilt und dann von den Blättern verarbeitet, wenn sie sich im Sonnenlichte, oder wieder ausgestossen, wenn sie sich im Dunkeln befindet. Das Vorhandensein des Sauerstoffs in der Luft, welche die Wurzeln zunächst umgiebt, ist nicht allein für die Verrichtung ihrer Functionen günstig, sondern unerlässlich. So geht eine Pflanze, deren Stengel und Blätter in der Luft leben, schnell zu Grunde, wenn die Wurzeln mit reinem Kohlensäuregas, mit Wasserstoffgas oder mit Stickstoffgas in Berührung gesetzt werden. Die Wichtigkeit des Sauerstoffs für das Leben der unterirdischen Pflanzentheile lehrt uns, weshalb die einjährigen Gewächse bei ihren stark entwickelten Wurzeln zu einem glücklichen Gedeihen lockern und leichten Boden erfordern. Man begreift nun auch, weshalb die Bäume zu Grunde gehen, wenn ihre Wurzeln in stagnirendes Wasser getaucht sind, und weshalb ein Eintauchen in fliessendes Wasser, als das lufthaltigere, weniger schädlich ist."

[83]) De Saussure a. a. O. S. 114—118 und spätere Versuche in

Digitized by Google

organen der Blüthen in höherem Grade zukomme als den Blumenblättern, welches sich ganz besonders bei verschiedenen Arten von *Arum* zu erkennen gab. Diese zeigten auch während der Thätigkeit ihrer Fructificationswerkzeuge eine sehr beträchtliche Temperaturentwickelung [84]), die auch bei manchen andern Blüthen, aber in weit geringerem Maasse, stattfindet und von der sich nicht mit Bestimmtheit entscheiden lässt, ob sie eine unmittelbare Folge jener Umwandlung von Sauerstoff in Kohlensäure sei, oder ob man dieselbe einem eigenthümlichen organischen Process zuschreiben müsse. Saussure fand nämlich, dass einige Blüthen eine höhere

---

der Abhandlung: *Ueber die Wirkung der Blüthen auf die Luft und über deren eigenthümliche Wärme;* Ann. de Chim. et de Phys. XXI. 279—296. 1822. Wenn man eine Blume unter einen mit Quecksilber geschlossenen Recipienten bringt, so verändert sich das Volumen der Luft fast gar nicht, da an die Stelle des verschwindenden Sauerstoffgases eine fast gleiche Quantität Kohlensäure tritt; zuweilen bemerkt man allerdings eine geringe Verminderung, welche jedoch nicht viel mehr als das Volumen ausmacht, das die Blumen einnehmen, und welche man deswegen der Wirkung zuschreiben muss, welche überhaupt poröse und wässerige Körper auf die Kohlensäure ausüben; eine innigere Verbindung scheint hier nicht annehmbar zu sein. — Sauss. fand in der Luft, worin die Blumen vegetirt hatten, keine Spur von Wasserstoffgas, und auch die Vermuthung, dass sie eine geringe Quantität Stickstoff aushauchten, fand sich in diesen neueren Versuchen nicht bestätigt. In der folgenden Tabelle findet man die Mengen des sowohl durch Einwirkung der Blätter als der Blüthen umgeänderten Sauerstoffgases aufgeführt, wobei das Volum der zu den Versuchen angewendeten Blüthen oder Blätter als Einheit genommen ist. Die Versuche wurden in einer mit Luft gefüllten und mit Quecksilber gesperrten Glocke ausgeführt, von welcher die Blüthen nur den 200sten Theil des Raumes einnahmen; die Blüthen wurden im Wachsthum erhalten, indem sie mit einem kleinen, 6 Linien langen Stiele in ein Gefäss tauchten, das eine sehr kleine Wassermenge enthielt. Nach dem Versuche wurde der Blumenstiel abgeschnitten und dessen Gewicht von demjenigen der angewandten Blume abgezogen, wobei die Wirkungen desselben auf die Atmosphäre vernachlässigt werden konnten, besonders da er von Wasser umgeben gewesen war. Die Blätter wurden ebenso wie die Blüthen behandelt. Die Dauer des Versuches und der Aufenthalt der Blumen und Blätter unter dem Recipienten betrug 24 Stunden. Die Sauerstoffmenge, welche in den ersten 12 Stunden umgeändert wurde, war grösser als die der folgenden, besonders wenn in dieser letzteren Zeit die Luft weniger rein war. Alle Versuche wurden im Sommer bei einer Temperatur von 18° bis 25° C. an einem Orte angestellt, der vor der Einwirkung des directen Sonnenlichtes geschützt war. Die Menge des durch die Einwirkung der Blumen verschwundenen Sauerstoffgases war grösser in der Sonne als im Schatten; die Erhöhung der Temperatur verstärkte diese Wirkung. In der Tabelle ist zugleich die Stunde angegeben, zu welcher die Blumen gesammelt und unter den Recipienten gebracht wurden; diese Angabe ist besonders für die Blumen wichtig, welche bald verwelken und welche nur während einer bestimmten Zeit des Tages geöffnet sind, wie für *Hibiscus speciosus*, *Cucurbita melo-pepo* und *Passiflora serratifolia*. Es wurden nur solche Blumen verwendet, die ganz entwickelt waren und in ihrer Kraft sich befanden; Charaktere, die sich besonders an dem Zustande der Staubfäden erkennen lassen.

Digitized by Google

Temperatur zeigten als andere, ungeachtet die letztern in derselben Zeit eine grössere Quantität Sauerstoff in Kohlensäure verwan-

Namen der Blumen.	Sauerstoffgas verändert durch d. Blüthen.	Sauerstoffgas verändert durch die Blätter.
Levkoje (einfache), rothe Varietät, *Chetranthus incanus.* 6 Uhr Abends	11	4
— (doppelte), idem	7,7	
Tuberose (einfache), *Polyanthes tuberosa.* 9 Uhr Morgens	9	3
— (doppelte), idem	7,4	
Capucinerblume (einfache), *Tropaeolum majus.* 9 Uhr Morgens	8,5	8,3
— (doppelte), idem	7,25	
Datura arborea. 10 Uhr Morgens	9	5
Passiflora serratifolia. 8 Uhr Morgens	18,5	5,25
Möhre (Dolde), *Daucus carota.* 6 Uhr Abends	8,8	7,3
Hibiscus speciosus. 7 Uhr Morgens	8,7	5,1
Johanniskraut, *Hypericum calycinum.* 8 Uhr Morgens	7,5	7,3
Kürbis (männliche Blumen), *Cucurbita melopepo.* 7 Uhr Morgens	12	6,7
— (weibliche Blumen), idem	3,5	
Lilie, *Lilium candidum.* 11 Uhr Morgens	5	2,5
Sumpfkolbe (männl. u. weibl. Kätzchen), *Typha latifolia.* 9 Uhr Morgens	9,8	4,25
Kastanie (männliche Blüthe), *Fagus castanea.* 4 Uhr Abends	9,1	8,1.

Man sieht hieraus, dass die umändernde Wirkung auf das Sauerstoffgas bei den Blüthen intensiver ist als bei den Blättern; dieser Unterschied ist noch deutlicher und weniger Ausnahmen unterworfen, wenn man die *Staubfäden* für sich allein betrachtet. Schon Lamark hatte bei *Arum italicum*, Sennebier bei *A. maculatum* und Hubert bei *A. cordifolium* während der Thätigkeit der Fructificationswerkzeuge eine bedeutende Erwärmung gefunden, welche sich schon durch das Gefühl zu erkennen gab. Hubert (Journ. de Phys. t. LIX. p. 280) fand, dass die Gegenwart der Luft zur Entwickelung dieser Wärme nothwendig sei, und beobachtete gleichfalls, dass diese Blüthenkolben die atmosphärische Luft verschlechterten, bestimmte aber nicht die Intensität und die Art dieser Veränderung. Saussure bemerkte, dass die Eigenschaft der Erwärmung in Verbindung stehe mit einer weit intensiveren Umwandlung des Sauerstoffs in Kohlensäure, als dies bei andern Pflanzen der Fall sei; eine der Blüthen von *Arum maculatum* nämlich, deren Volumen 6,6 Cb. C. betrug, änderte in 24 Stunden von 1000 Cb. C. atmosphärischer Luft allen Sauerstoff in Kohlensäure um, welche Menge also circa 30 Mal ihr eignes Volumen ausmachte. Dieselbe Blüthe zum zweiten Male 24 Stunden in dem Recipienten gelassen, zerstörte nur 5 Mal ihr Volumen an Sauerstoffgas. Ein andres Exemplar wurde in 3 Theile geschnitten: die Spitze zerstörte nur ein 5 Mal so grosses Volumen Sauerstoffgas, die Keule 30 Mal ihr Volumen und der Theil des Kolbens, der allein die Geschlechtstheile trägt, 132 Mal sein eignes Volumen an Sauerstoffgas. *Arum dracunculus* verhielt sich ähnlich. Die Theile, welche die männlichen Geschlechtsorgane enthielten, veränderten ein 135 Mal so grosses Volumen Sauerstoff in Kohlensäure, und die weiblichen Geschlechtsorgane nur 10 Mal.

Digitized by Google

delten [84]). Aehnliche Untersuchungen sind in neuerer Zeit hinsichtlich der Blüthen von *Colocasia odora* von Brogniart, sowie von

---

ihr eignes Volumen. Ob die bei diesen Blüthen beobachtete Wärmeentwickelung eine Folge ist dieser Verbindung des Sauerstoffs der Atmosphäre mit dem Kohlenstoff der Blume, oder wie bei den Thieren einem eigenthümlichen organischen Processe angehört, konnte Saussure nicht mit Bestimmtheit entscheiden. Andere Blüthen zeigten folgende Resultate: Die Geschlechtsorgane von *Cheiranthus incanus* zerstörten in 24 Stunden 18 Volumen Sauerstoffgas; die von *Tropaeolum majus* 16,3, von *Hypericum calycinum* 8,5, von *Hibiscus speciosus* 6,3, von *Cucurbita melo-pepo* 16 Volumen. Es ergiebt sich hieraus, dass jenes Phänomen allerdings ein allgemeines ist, aber für gewöhnlich bei weitem nicht so intensiv als bei den Geschlechtsorganen der *Arum*-Arten. — Ferner zeigte Saussure, dass die Knospen die sauerstoffumwandelnde Fähigkeit in geringerem Maasse als die entfalteten Blüthen besitzen. Aus der Tabelle ergiebt sich, dass die gefüllten Blumen derselben Species weniger Sauerstoff umwandelten. Diese Resultate stehen in Verbindung mit den eben angeführten, die zeigen, dass die Zerstörung dieses Gases während der Fructification besonders stark ist. Die Ausdauer der Blumen wird auch wohl von dieser Zerstörung, welche sie zersetzt, abhängig sein; denn die einfachen verwelkten gewöhnlich schneller als die gefüllten. Es wurden ferner folgende Versuche angestellt:

Von den Blumen von *Cucurbita melo-pepo* veränderten in 10 Stunden an Sauerstoffgas die männlichen Blumen 7,6 Vol., die weiblichen 3,5, die Staubfäden für sich allein 11,7 und die Pistille getrennt von dem Ovarium 4,7 Vol.; ferner von *Typha latifolia* in 24 Stunden 2 Kolben, eine männliche und eine weibliche, zusammen 9,8, männliche Blüthen 15 und weibliche 6,2 Vol.; von *Zea mays* in 24 Stunden die männlichen Blumen 9,6, die weiblichen 5,2 Vol. Bei der Kastanie konnte bei der männlichen Blüthe keine grössere Umwandlung als bei der weiblichen bemerkt werden.

[84]) De Saussure: Ann. de Ch. et de Ph. a. a. O. p. 284 u. 85. Sennebier (*Physiologie végétale*, vol. III. p. 313) giebt die Wärme an der Oberfläche eines Kolbens von *Arum maculatum* um 7° R. höher an, als die Temperatur der umgebenden Luft. Diese Wärme beginnt zwischen 3 und 4 Nachmittags und erreicht ihr Maximum zwischen 6 und 8 Uhr Abends und verschwindet dann wieder allmählig. Hubert (Journ. de Phys. t. LIX. p. 280) fand, dass ein Thermometer, welches von 5 Blüthenkolben von *Arum cordifolium* umgeben war, bis auf 44° stieg, während es in der freien Luft nur 19° zeigte; von 12 Kolben umgeben, stieg es sogar auf 49½°; die grösste Wärme hatte diese Blume bei Sonnenaufgang. Die männlichen Blüthen allein brachten die Temperatur auf ein Maximum von 41°, die weiblichen auf 30°.

[85]) De Saussure: Ann. de Ch. et de Ph. a. a. O. p. 296–303. Bei einem Kürbis (*Cucurbita melo-pepo*) sah man an der Basis der Staubfäden eine Temperaturerhöhung von ½ Grad, die zuweilen bis auf die doppelte Höhe sich erhob. „Ich habe zuweilen 30 männliche Blüthen des Kürbis untersucht, ohne eine einzige zu treffen, welche keine Eigenwärme hatte; wenn die Pflanzen alt sind und die Blätter anfangen weiss zu werden, so ist die Wärme dieser Blüthen weniger allgemein; ich habe dieselbe nicht bemerken können, wenn die Blüthen vorher dem Regen oder dem Nebel ausgesetzt gewesen waren; sie ist deutlicher zwischen 20° und 15° C. als bei einer höheren Temperatur. Wenn man die Staubfäden der Kürbisblüthen an ihrer Basis abgeschnitten hat, so bleibt diese letztere und der Grund der Blumenkrone warm;

Digitized by Google

Van-Beek und Bergsma [86]) ausgeführt worden, wobei die Letztern sich des thermo-elektrischen Apparates zur Messung der von dem Blüthenkolben dieser Pflanze entwickelten Wärme bedienten, eine Methode, welche auch Dutrochet auf die Blüthen des *Arum maculatum* angewandt hat [87]).

---

aber ich habe an den von der Blumenkrone getrennten Staubfäden keine Wärme finden können, obgleich sie vom *Receptaculum* frei waren. Die weiblichen Kürbisblüthen haben auch Eigenwärme, aber sie ist mir schwächer vorgekommen als bei den männlichen, ungefähr in dem Verhätniss von 3 : 2." Eigenwärme der *Bignonia radicans:* die Temperatur im Innern der Corolle erhob sich gleichfalls um c. $\frac{1}{4}$° C., oft noch weniger. Sie erhielt sich während der ganzen Blüthezeit des Juli und der ersten Hälfte des August; die Blüthen, welche nach dieser Zeit sich entfalteten, hatten keine Eigenwärme. Getrennt von der Pflanze, in freier Luft, bewahren die Blüthen oft länger als 4 Stunden ihre Eigenwärme; sind sie aber in einem Recipienten (der z. B. 200 Mal das Volumen der Blüthen an Luft enthält) eingeschlossen, so bemerkt man, wenn man sie nach 24 Stunden untersucht, eine weit grössere Wärme an ihnen, als bevor man sie in das Gefäss brachte; der Temperaturunterschied stand in dem Verhältniss von 6 : 1. In freier Luft verwelken die von der Pflanze abgelösten Blüthen schon in 7 bis 8 Stunden. Die Bignonien consumiren nur sehr wenig Sauerstoff; sie veränderten nicht mehr als 6 Mal ihr Volumen von diesem Gase in 24 Stunden, ungeachtet man sich von der Wärme dieser Blumen vor dem Versuche überzeugt hatte; dies Verhalten blieb ebenso im Verhältniss zu der Zeit, wenn man sie nur 6 Stunden unter dem Recipienten gelassen hatte. Eigenwärme der Tuberose *(Polyanthes tuberosa)*: an der Mündung der Krone sowohl bei den gefüllten, wie den einfachen Blüthen zeigte sich eine Temperaturerhöhung von 0°,3 C. Die Eigenwärme ist aber weniger constant. Saussure hat dieselbe nur bei denen bemerken können, die zuerst an dem Stengel, an der Basis der Aehre sich entfalteten. — „Wenn man die sehr warmen *Arum*-Blüthen mit den kalten oder wenig warmen Blüthen hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Luft vergleicht, so könnte man daraus entnehmen, dass die Verbindung des Sauerstoffgases mit dem Kohlenstoff die einzige Quelle der Eigenwärme der Pflanzen sei; aber wenn man die Wirkung der kalten Blumen mit derjenigen der Blüthen vergleicht, welche nur schwach warm sind, so findet man, dass die Verbindung des Sauerstoffes, oder die Bildung der Kohlensäure, nur eine secundäre Ursache der Wärme sein kann und dass eine nähere Erklärung dieses Verhaltens der Zukunft vorbehalten bleiben muss."

[86]) Siehe in der von Dutrochet gegebenen Notiz; Anmerk. 87.

[87]) Dutrochet: *Wärmeentwickelung in den Blüthenkolben von Arum maculatum;* Journ. de Pharm. XXV. 388 u. 89. Die Spitze des Kolbens fängt ungefähr 2 Tage vor dem Oeffnen der Blumenscheide an, eine höhere Temperatur zu zeigen als die umgebende Luft. Diese Wärme nimmt nach und nach zu und erreicht ihren Höhepunkt in dem Augenblick des Oeffnens der Blumenscheide, wobei sie die der Luft um 11° bis 12° C. übertrifft. So hält sie sich 2 Stunden lang, nimmt allmählig ab und verschwindet gänzlich ungefähr 12 Stunden nachher, um nicht wieder zu kommen. Die Wärme des obern Theils des Kolbens verschwindet in der Nacht, welche dem Tage folgt, an welchem die Blumenscheide sich geöffnet hat; die Wärme der männlichen und weiblichen Blüthen ist auch während der Nacht noch zu bemerken, nimmt aber an Stärke ab; am folgenden Morgen wächst diese Wärme von Neuem und erhebt sich höher als am Tage vorher; sie erreicht

Digitized by Google

Ueber das Verhalten der Früchte, im reifen und unreifen Zustande, gegen die Atmosphäre, von welcher sie umgeben sind, sind von verschiedenen Physikern zahlreiche Versuche und Beobachtungen angestellt worden, über deren Resultate wir hier die folgende Uebersicht geben. Ingenhouss[88]) hatte bemerkt, dass grüne, von der Pflanze abgelöste Früchte die Luft gewöhnlich verschlechterten, dass dieses aber in der Sonne weniger der Fall sei als im Dunkeln, und dass sie oftmals, wie die Blätter, Sauerstoffgas entwickelten, wenn sie in Quellwasser gelegt wurden; er beobachtete dies, obgleich nicht als eine beständige Erscheinung, bei den grünen Birnen, Gurken, Trauben, an den Hülsen von *Physalis alkekengi*, *Cardiospermum halicacabum*, an den Schoten der Acacie und der Bohnen. Sennebier[89]) fand, dass die mit Quellwasser übergossenen Früchte in jedem Zustande ihrer Entwickelung eine Luft gaben, die oft schlechter, zuweilen ebenso gut, aber niemals besser war als die atmosphärische Luft. De Saussure[90]) gelangte später in seinen, dieses Verhalten betreffenden Versuchen zu dem Resultate, dass die grünen Früchte auf die atmosphärische Luft dieselbe Wirkung hervorbrächten wie die Blätter, oder dass sie, wie diese, die Kohlensäure in dem Sonnenlichte zersetzten und Sauerstoffgas entwickelten, jedoch mit dem Unterschiede, dass diese Wirkung, bei gleichem Volumen, weit geringer sei. Aus seinen Versuchen ergab sich, dass z. B. die unreifen Trauben und die grünen Früchte von *Solanum pseudo-capsicum*, wenn sie, noch an der Pflanze sitzend und in dem Boden befindlich, auf welchem sie gewachsen waren, dem Einflusse des Sonnenlichtes ausgesetzt wurden, den Sauerstoffgehalt der Luft, in welche sie eingeschlossen waren, vermehrten, während dieselben Früchte unter gleichen Verhältnissen Sauerstoff absorbirten, wenn das sie einschliessende Gefäss etwas Kalkhydrat enthielt; dieses letztere nämlich, indem es die Kohlensäure, welche die Früchte bildeten und die sie aus dem Boden aufnahmen, absorbirte, hielt den Sauerstoff zurück, den sie sonst entwickelt haben würden. Das Verhalten der Früchte zeigte sich etwas verschieden, wenn sie von der Pflanze, welche sie trug, abgelöst waren; in diesem Falle absorbirten sie zwar im Dunkeln, ebenso wie die Blätter, Sauerstoffgas aus der Luft, indem

---

am Vormittage ihren Höhepunkt und nimmt dann allmählig an Stärke ab, um in der folgenden Nacht für immer zu verschwinden. Die Wärme in der Anschwellung der Keule ist grösser als die der männlichen Blüthen und diese grösser als die der weiblichen.

[88]) Ingenhouss: *Expériences sur les végétaux*, vol. I. p. 64 und vol. II. p. 61. 221 u. ff. Vgl. a. Ann. de Ch. et de Ph. XIX. 146 und Pogg. Ann. XXII. 399 u. 400.

[89]) Sennebier: *Mémoires physico-chimiques sur la lumière solaire*, t. I. p. 299. Vgl. Ann. de Ch. et de Ph. a. a. O.

[90]) De Saussure: *chem. Untersuchungen* etc. S. 119 und 20. Vgl. a. Ann. de Ch. et de Ph. a. a. O.

Digitized by Google

sie (dem Volumen nach beinahe so viel, wie ihr eignes Volumen betrug) dieses durch eine gleiche Quantität Kohlensäuregas ersetzten; aber in der Sonne zerstörten sie nur zum Theil die während der Nacht gebildete Kohlensäure, während sie die ganze Menge wieder zersetzten, wenn sie noch an der Pflanze selbst sich befanden. Diese Differenz erklärt sich leicht aus einer Schwächung der Vegetationskraft, welche eine von der Pflanze abgelöste Frucht, die keine Nahrung mehr erhält, erleiden muss, und steht nicht im Widerspruche mit der Erfahrung, dass die grünen Früchte ebenso wie die Blätter und überhaupt alle grünen krautartigen Theile der Pflanzen gegen die atmosphärische Luft sich verhalten. Bérard [91]),

---

[91]) Bérard: *Abhandlung über das Reifen der Früchte;* Ann. de Ch. et de Ph. XVI. 152—183 und 225—251. 1821. Zunächst wurde mit Früchten experimentirt, die von der Mutterpflanze abgelöst waren. Alle Versuche dauerten so kurze Zeit, dass man annehmen kann, dass die Früchte noch nicht völlig ihre Vegetationskraft verloren hatten. Einige ganz grüne Erdbeeren wurden in eine mit atmosphärischer Luft gefüllte Flasche, von 0,220 Lit. Capacität, gebracht; diese wurde in ein sehr helles Laboratorium gestellt und nach Verlauf von 20 Stunden unter Quecksilber geöffnet; die Luft bestand jetzt aus 4,0 Kohlensäure, 16,8 Sauerstoff und 79,2 Stickstoff. Die Erdbeeren schienen nach dem Versuch ganz unverändert und die Luft in der Flasche hatte den angenehmen Geruch angenommen, welcher diese Früchte charakterisirt. Aehnlichen Versuchen wurden Birnen, Apricosen, Feigen, Kirschen, Mispeln, Johannisbeeren, Trauben, Aepfel u. s. w. unterworfen und immer mit denselben Resultaten. Mit den Früchten war noch ausser dem Fruchtstiel ein kleiner Theil des Zweiges verbunden, und die beiden Durchschnitte des kleinen Zweiges waren mit Wachs überzogen. Der Inhalt der Flasche war immer 7 bis 8 Mal grösser als das Volumen der untersuchten Früchte. Oft war die Menge der gebildeten Kohlensäure ein klein wenig geringer als die des absorbirten Sauerstoffgases. Wenn das Volumen der Luft zu dem der Früchte kleiner als nach dem angegebenen Verhältniss war, dann verschwand das Sauerstoffgas beinahe ganz. So bestand die Luft, in welcher sich 2 Birnen befanden, die $\frac{1}{4}$ des ganzen Volumens ausmachten, nach 24 Stunden aus 18,52 Kohlensäure, 1,96 Sauerstoff und 79,52 Stickstoff. So verhielten sich alle Früchte, selbst diejenigen, deren Kern mit einer wenig fleischigen und ganz grünen Hülle umgeben war, wie bei den Mandeln. Eine grüne und ganz gesunde Mandel wurde in eine Glocke gethan, die 7—8 Mal ihr Volumen Luft enthielt und durch Quecksilber, das mit einer dünnen Wasserschicht bedeckt war, gesperrt wurde; der Apparat wurde der Sonne ausgesetzt: um 4 Uhr Nachmittags schien die Luftmenge sich etwas vergrössert zu haben, ungeachtet der Apparat bis zu derselben Temperatur abgekühlt war, die sie am Morgen zeigte; die Luft bestand aus 15,74 Kohlensäure, 5,65 Sauerstoff und 78,61 Stickstoff. Die Mandel hatte also den grössten Theil des Sauerstoffs in Kohlensäure verwandelt und ausserdem noch eine sehr kleine Quantität Kohlensäure entwickelt. Aehnliche Resultate gaben die mit grünen Pflaumen *(Reine-Claude)*, Pfirsichen u. s. w. angestellten Versuche. — Auch in künstlichen kohlensäurehaltigen Atmosphären war das Resultat dasselbe; eine gut grüne Mandel z. B. bewirkte folgende Veränderung:

	Vor dem Versuch.	Nach dem Versuch.
Kohlensäure	10,0	21,8
Sauerstoff	18,9	8,0
Stickstoff	71,1	70,1.

Digitized by Google

der gleichfalls über das Verhalten der Früchte gegen die Luft zahlreiche Versuche anstellte, erhielt Resultate, die von denjenigen

---

Die Mandel hat also ausser der aus dem Sauerstoff der Luft gebildeten Kohlensäure noch 1 Proc. mehr entwickelt. Apricosen, Pflaumen oder Pfirsichen zeigten dieselben Erscheinungen. — Ferner fand Bérard, dass dieselbe Frucht während der Nacht nicht mehr Kohlensäure entwickelt als am Tage, die Menge des in Kohlensäure umgewandelten Sauerstoffs war in beiden Fällen fast genau dieselbe, wenn der erste Versuch von 6 Uhr Abends bis 6 Uhr Morgens und der zweite von 9 Uhr Morgens bis 4 Uhr Abends dauerte; woraus hervorzugehen scheint, dass diese Function der Frucht durch das Licht verstärkt wird, da bei diesen Versuchen die Zeit, während welcher dieselbe der Sonne ausgesetzt war, kürzer war als die, während welcher sie sich in der Dunkelheit befand, und dennoch der Erfolg sich gleich blieb. Ein Unterschied, der ziemlich allgemein zu sein scheint, besteht darin, dass in der Dunkelheit das Volumen des Sauerstoffgases, welches verschwindet, grösser ist als das der erzeugten Kohlensäure, während in der Sonne das Volumen der entwickelten Kohlensäure das des absorbirten Sauerstoffs übertrifft. Doch wurde zuweilen, obgleich sehr selten, das Umgekehrte beobachtet; übrigens ist die Differenz zwischen dem Sauerstoff, der verschwindet, und der Kohlensäure, die an seine Stelle tritt, immer sehr gering und beträgt niemals mehr als $\frac{1}{5}$ des Volumens der Frucht. — Es wurden ferner Versuche angestellt mit Früchten, die noch an den Bäumen festsassen: 2 Birnen wurden in eine Flasche, die 6 Mal das Volumen derselben an Luft enthielt, unter der gehörigen Vorsicht eingeschlossen und hatten die Zusammensetzung dieser atmosphärischen Luft nach 24 Stunden folgendermaassen verändert: 2,0 Kohlensäure, 18,6 Sauerstoff und 79,4 Stickstoff. Die Veränderung ist also nicht so bedeutend wie bei den von ihrer Mutterpflanze abgelösten Früchten; zuweilen konnte sogar keine Veränderung in der Luft der Glocke bemerkt werden; dieses ist aber nach Bérard wahrscheinlich der Schwierigkeit zuzuschreiben, welche das luftdichte Verschliessen der Flasche macht, da der hierzu angewandte Kitt oder das Harz nicht gut auf die immer etwas feuchten Zweige des Baumes haftet. Bei einem andern Versuche mit einer Birne, in welchem das Volumen der Luft 5 Mal so gross wie das der Frucht war, ergab die Analyse der Luft nach 24 Stunden: 5,0 Kohlensäure, 15,2 Sauerstoff und 79,8 Stickstoff. Es wurde jedoch in einem zweckmässigen Apparate die Veränderung der Luft durch eine Pflaume *(Reine-Claude)*, die den 6. Theil des Volumens vom Apparate einnahm und von 8 Uhr Morgens bis 4 Uhr Abends dem Lichte der Sonne ausgesetzt worden war, folgendermaassen beobachtet: 9,43 Kohlensäure, 12,53 Sauerstoff und 78,04 Stickstoff. Ebenso verhielten sich auch Apricosen, Pfirsiche, Kirschen, Birnen; und zwar schon von der ersten Zeit ihres Wachsthums an: 3 Pfirsiche von der Grösse einer Erbse, an ihrem Baume sitzend, hatten die Luft nach 15 Tagen verändert in 4,0 Kohlensäure, 16,6 Sauerstoff und 79,4 Stickstoff; das Volumen der Luft war in diesem Versuche wenigstens 40 Mal grösser als das der Pfirsiche, und diese letztern schienen nach dieser langen Zeit sich nicht verändert zu haben. — Die Früchte also verlieren während ihres Wachsthums und Reifens fortwährend Kohlenstoff; zu gleicher Zeit findet auch eine beständige Wasserverdampfung von ihrer Oberfläche Statt, welche am Tage viel beträchtlicher als bei Nacht ist und ohne Zweifel der Feuchtigkeit des Bodens, in welchem die Wurzeln der Mutterpflanze befestigt sind, proportional ist. — Die Luft der Schoten des Blasenbaums fand Bérard gleich der atmosphärischen Luft zusammengesetzt und schliesst daraus, dass die Haut der Schoten für die Luft durchdringlich ist, wel-

Digitized by Google

Saussure's abweichen und ihn zu dem Schlusse führten, den schon Ingenhouss aufgestellt hatte, dass nämlich die Früchte sich

---

ches er auch dadurch bewies, dass er, als zwei dieser Schoten in atmosphärische Luft eingeschlossen wurden, die Luft nach 3 Tagen in den Schoten selbst und in der Glocke, welche sie enthielt, fast gleich zusammengesetzt fand, nämlich:

	Luft der Glocke.	Luft der Schoten.
Kohlensäure	22,2	21,7
Sauerstoff	0,1	0,0
Stickstoff	77,7	78,3.

Die Umwandlung des Sauerstoffs der Luft in Kohlensäure durch die Frucht ist eine zum Reifen derselben unumgänglich nothwendige Function; wenn man sie unterdrückt durch irgend ein Mittel, vertrocknet die Frucht und stirbt. Von dem Augenblicke an, wo die Frucht ihren Kohlenstoff nicht mehr an die Luft ausgeben kann, wird das Reifen derselben verhindert. Dies findet Statt in einer sauerstofffreien Atmosphäre, z. B. in Wasserstoffgas, Stickgas oder kohlensaurem Gas. In solchen Gasarten kann man auch die grünen Früchte eine Zeitlang unverändert aufbewahren; bringt man sie darauf nach einiger Zeit wieder in die atmosphärische Luft, so ziehen sie wieder Sauerstoff ein und bilden damit Kohlensäure. Am leichtesten kann man die Früchte in einer Atmosphäre von Stickstoffgas aufbewahren, indem man mit ihnen zugleich unter die Glocke ein Gemenge von Kalkhydrat und Eisenvitriol bringt, welches letztere den Sauerstoff absorbirt; Pfirsiche, Pflaumen, Apricosen, Kirschen halten sich so einen, Aepfel und Birnen 3 Monate; nach dieser Zeit werden sie sauer, verlieren ihr Aroma und nehmen einen unangenehmen Geschmack an; aber selbst wenn die Birnen und Aepfel 3 Monate lang in diesem Apparate aufbewahrt worden waren, hatten sie noch die Eigenschaft behalten, zu reifen, wenn sie darauf einige Tage der Luft ausgesetzt wurden. — Sind die Früchte reif, so fahren sie noch fort Sauerstoff zu absorbiren und diesen durch Verbindung mit ihrem Kohlenstoff in Kohlensäure zu verwandeln; aber zu gleicher Zeit entbinden sie auch ausserdem eine Menge Kohlensäure, die aus ihren eignen Bestandtheilen durch Zersetzung sich bildet.

Bérard hat ferner eine Anzahl quantitativer Analysen ausgeführt von mehreren Früchten in den verschiedenen Perioden ihres Reifens, woraus sich ergiebt, dass die Bestandtheile im Ganzen qualitativ dieselben bleiben und nur quantitativ sich ändern. Wir führen beispielsweise hier nur die folgenden an, welche mit Apricosen angestellt wurden:

	Ganz grüne.		Mehr reife.		Ganz reife.
Eiweiss . . .	0,76	—	0,34	—	0,17
Grüner Farbstoff	0,04	—	0,03 gelber	—	0,10
Holzfaser . .	3,61	—	2,53	—	1,86
Gummi . . .	4,10	—	4,47	—	5,12
Zucker . . .	Spuren	—	6,64	—	16,48
Aepfelsäure .	2,70	—	2,30	—	1,80
Kalk	wenig	—	wenig	—	wenig
Wasser . . .	89,39	—	84,49	—	74,87.

Ebenso wurden auch Kirschen, Johannisbeeren, Pflaumen, Pfirsiche und Birnen analysirt. Bérard schliesst seine Abhandlung mit den Worten: „Wenn die Frucht nur an dem Baume, welcher sie hervorbringt, reifen kann, dann geht das Reifwerden derselben nicht durch eine chemische Umwandlung der Substanzen vor sich, welche sie enthält, während sie noch grün ist, sondern wohl durch das Hinzukommen neuer Substanzen, welche ihr von dem Baume geliefert werden; und wenn

Digitized by Google

gegen die Luft anders verhalten als die Blätter, indem sie, anstatt wie diese im Dunkeln Kohlensäure zu bilden und in der Sonne dieselbe wiederum zu zerlegen, nur *eine* Wirkung ausüben, nämlich unter allen Umständen, sie mögen im Dunkeln, im Schatten oder in der Sonne sich befinden, nur ihren Kohlenstoff mit dem Sauerstoff der Atmosphäre verbinden und Kohlensäure aushauchen; nach ihm scheinen sogar die grünen Früchte in derselben Zeit in der Sonne mehr Sauerstoff verschwinden zu lassen als im Schatten. Bérard fand, dass dies Verhalten der Früchte, wenn sie an der Mutterpflanze selbst sitzen oder wenn sie von derselben abgelöst sind, dasselbe sei. Beim Ausschluss des Sauerstoffs konnte er noch nicht ganz reife, abgepflückte Früchte, welche, wie die Birnen und Aepfel, die Eigenschaft haben, an der Luft völlig zu reifen, mehrere Monate lang aufbewahren, ohne dass sie nach dieser Zeit die Fähigkeit verloren hatten, unter dem Einflusse der atmosphärischen Luft ihre Reife zu erlangen. Bérard hat ferner durch eine Menge von Analysen, welchen er Apricosen, Kirschen, Johannisbeeren, Pflaumen, Pfirsiche und Birnen in den verschiedenen Perioden ihres Reifens unterwarf, nachzuweisen gesucht, dass bei dem Reifen die Bildung des Zuckers auf Kosten des Gummi's und der Holzfaser

---

sie uns den sauren Geschmack, welchen sie vor der Reife hatte, verloren zu haben scheint, so rührt dies daher, weil die grosse Menge Zucker, welche sich in ihr angesammelt hat, ihren ursprünglichen Geschmack verdeckt (maskirt). — In den Früchten, welche auch reifen, wenn sie von dem Baume abgelöst sind, bemerkt man auch, dass die Menge des Zuckers sich bedeutend vermehrt, und hier muss wohl der Zucker sich auf Kosten der Substanzen bilden, welche schon in der Frucht existirten. Das Gummi und die Holzfaser sind die einzigen Substanzen, deren Menge hierbei abnimmt; es ist also natürlich anzunehmen, dass die verschwindenden Theile dieser Körper in Zucker sich umwandeln; und da von diesen beiden Substanzen die Holzfaser den meisten Kohlenstoff enthält, so ist es ferner sehr natürlich zu glauben, dass der Sauerstoff der Luft den Kohlenstoff der Holzfaser entzieht, um sich in Kohlensäure umzuändern, eine Function, die zur Reife der Frucht durchaus nothwendig ist. (Es ist schwierig, die Vermuthung zu unterdrücken, dass in den Früchten, welche nur an dem Baume selbst reifen können, nicht ähnliche Umwandlungen, namentlich in den letzten Perioden des Reifens, stattfinden sollten, während zu gleicher Zeit diese Früchte aus dem Baume eine gewisse Menge Zucker empfangen; aber ohne Zweifel wird die Menge des Zuckers, welche sich auf Kosten der Holzfaser und des Gummi's bildet, nicht hinreichend seln, und aus dieser Ursache bedürfen diese Früchte zu ihrem völligen Reifen nothwendig der Hülfsquellen aus dem Baume selbst.) Endlich geht die Veränderung, welche die Holzfaser während des Reifens erlitten hat, auch noch später fort, wenn die Frucht teigig wird. Sie färbt sich braun. Durch ihre Zersetzung entbindet sich eine beträchtliche Menge Kohlensäure, wie man bei den Früchten bemerkt, welche teigig werden. Der Zucker ist ferner eine von den Substanzen, welche sich während des Teigigwerdens zersetzen, und seinem theilweisen Verschwinden muss man den faden Geschmack zuschreiben, welchen die teigigen Früchte annehmen. Der Zucker trägt ohne Zweifel, indem er sich zersetzt, zur Entwickelung der Kohlensäure bei."

Digitized by Google

oder des zelligen Gewebes der unreifen Frucht vor sich gehe, indem der Sauerstoff der Luft sich namentlich mit einem Theile des Kohlenstoffs der Holzfaser zu Kohlensäure verbinde und als solche aus dem Safte der Früchte austrete. Die von Bérard ausgeführten Versuche haben de Saussure zu neuen zahlreichen Beobachtungen veranlasst, die seine schon früher angeführten Ansichten auf's Neue bestätigten und ihn auch die wahrscheinliche Ursache der Differenzen zwischen seinen und Bérard's Versuchen erkennen liessen[92]). Wenn die Früchte der Einwirkung der Sonne aus-

---

[92]) Th. de Saussure: *Ueber die Wirkung der grünen Früchte vor ihrer Reife* (Mém. de la Soc. de Phys. et d'hist. nat. de Genève, t. I), Ann. de Ch. et de Ph. XIX. 143—165 und 225—244. 1821. Die Resultate der zahlreichen in dieser Abhandlung mitgetheilten Versuche stellen wir hier der leichteren Uebersichtlichkeit wegen in folgende Tabellen zusammen:

Versuche mit Erbsenschoten. Die Schoten, welche zu allen Versuchen dienten, waren 8—9 Centimeter lang, aussen und innen schön grün gefärbt, aber etwas weniger intensiv als ihre Blätter; sie entbielten sehr zarte Samenkörner, die an der Aussenfläche weisslich, im Innern grün waren und 4—8 Millim. im Durchmesser hatten.

Nro.	Vor dem Versuche.				Nach dem Versuche.			
	Sauerstoff.	Stickstoff.	Kohlensäure.	Zusammen.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Kohlensäure.	Zusammen.
1.					38,25	61,75	—	100
2.					27,5	72,5	—	100
				Cb. C.				Cb. C.
3.	202,6	762,4	0	965	151,3	762,9	32,8	947
4.	207,9	782,1	0	990	223,97	789,53	0	1013,5
5.	197,4	742,6	0	940	182	750,9	7,1	940
6.	210	790	0	1000	204,7	798,8	0	1003,5
7.	203,7	766,3	80	1050	258	773	21	1052
8.	210	790	50	1050	238,9	801,4	7,7	1048.

No. I. 56 Grm. Erbsenschoten, mit einem Volumen von 82 Centimetern, hatten Ende Juni in 1800 Grm. Quellwasser an der Sonne zwischen 11 Uhr Morgens und 4½ Uhr Abends 24 Cb. C. kohlensäurefreies Gas entwickelt von der obigen Zusammensetzung; 2. Regenwasser in derselben Zeit 8 Cb. C. Gas. Blätter und Zweige verhielten sich in beiden Versuchen ganz ähnlich. Dasselbe war auch der Fall bei den Schoten von *Colutea arborescens.* — 3. Von den Schoten wurden 6 (die 23½ Grm. wogen und ein Volumen von 34½ Cb. C. hatten) in einen Recipienten gebracht; ihre 4 oder 5 Linien langen Fruchtstiele tauchten in ein Gefäss, welches 8—10 Grm. Wasser enthielt. Sie blieben 12 Stunden im *Dunkeln* (während der Nacht) und hatten in dieser Zeit das Volumen der Luft um 18 Cb. C. vermindert, also diese inspirirt. — 4. Es wurden 6 Schoten um 7 Uhr Morgens in den Recipienten gebracht und dem *Sonnenlichte* ausgesetzt. Da das Resultat des Versuches während eines einzigen Tages nicht besonders deutlich war, so wurden die Schoten am Abend herausgenommen und am folgenden Morgen durch frische ersetzt. Nachdem dies 4 Tage lang fortgesetzt, die verschiedenen Erbsen also 48 Stunden lang in derselben Atmosphäre der Sonne ausgesetzt gewesen waren, hatte diese um 23½ Cb. C. an Volumen zugenommen, welche grösstentheils aus Sauerstoffgas bestanden. Man muss annehmen, dass diese Vergrösserung des Sauerstoffvolumens

Digitized by Google

gesetzt werden, so entwickeln sie aus der Kohlensäure, die sie während der Nacht eingehaucht haben, den Sauerstoff ganz oder theil-

---

hauptsächlich der Kohlensäure zuzuschreiben ist, welche die Früchte während der Nacht gebildet und in ihrem Innern zurückgehalten haben, um sie in dem Recipienten in der Sonne wieder zu zersetzen. Die Blätter verhalten sich ebenso, aber nur diejenigen, welche dick und sehr fleischig sind, können ein deutliches Resultat geben. — 5. Die Früchte blieben 48 Stunden lang *Tag und Nacht* in derselben Atmosphäre. Der Versuch wurde am Abend angefangen und am Abend beendigt. Die 6 Schoten wurden 4 Mal in gleichen Zwischenräumen durch frische ersetzt. Die Veränderungen der Luft waren so unbeträchtlich, dass sie Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden könnten. — 6. Derselbe Versuch wurde in der Art wiederholt, dass während der ganzen Zeit (48 Stunden) die Schoten nicht gewechselt wurden. Das Resultat war dasselbe. — 7. Es wurden zu 970 Cb. C. atmosphärischer Luft 80 Cb. C. Kohlensäure zugesetzt, im Anfange des Versuches, der 4 Tage dauerte, 40 Cb. C. und die andere Hälfte nach Verlauf von 2 Tagen; die 6 Schoten wurden während der 4 Tage nur dem Sonnenlichte ausgesetzt und während der Nacht aus dem Apparate herausgenommen. — 8. Derselbe Versuch, nur dass die Schoten während 48 Stunden Tag und Nacht in dem Recipienten blieben.

Versuche mit Pflaumen (Reine-Claude). Sie wurden Ende Juni, ungefähr 5 Wochen vor ihrer Reife, eingesammelt; ihre Farbe war tief lauchgrün, und sie hatten einen Durchmesser von wenigstens 2 Centim.; sie wurden sorgfältig vor dem Anfassen bewahrt.

Nro.	Vor dem Versuche.				Nach dem Versuche.			
	Sauerstoff.	Stickstoff.	Kohlensäure.	Zusammen.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Kohlensäure.	Zusammen.
1.					39	57	4	100
2.					34	63	3	100
				Cb. C.				Cb. C.
3.	210	790	0	1000	155,8	797,4	39,8	993
4.	87,3	328,7	0	416	57,6	329,3	20,1	407
5.	205,8	774,2	0	980	226,9	790,6	0	1017,5
6.	189	711	0	900	173,8	722,2	0	896
7.	189	711	100	1000	251,3	724,8	0	986,1
8.	210	790	0	1000	186,3	791,6	12,1	990
9.	210	790	0	1000	195,6	797,1	7,3	1000
10.	199,5	750,5	0	950	173,6	761,8	11,6	947
11.	199,5	750,5	50	1000	197,8	773,7	12	983,5.

No. 1. 200 Grm. der Pflaumen, welche ein Volumen von 188½ Cb. C. hatten, wurden in 1800 Grm. Quellwasser von 10 Uhr Morgens bis 5 Uhr Abends der Sonne ausgesetzt und entwickelten in dieser Zeit 22 Cb. C. von obiger Zusammensetzung, also weit weniger als die Erbsen, welche mehr Oberfläche darboten. — 2. Derselbe Versuch mit Regenwasser gemacht, entwickelte 13¼ Cb. C. Luft. Die Blätter verhielten sich ähnlich, nur dass die Sauerstoffentwickelung schneller und bedeutender war. — 3. Alle Versuche wurden so angestellt, dass 4 Pflaumen, die an einem Zweige hingen, welcher 1 Centim. lang war und in ein Gefäss mit Wasser tauchte, unter den Recipienten gebracht wurden. Die 4 Pflaumen wogen 43 Grm. und hatten ein Volumen von 40¼ Cb. C. In dem Versuch 3 wurden sie am Abend abgepflückt und während der *Nacht* im Recipienten gelassen. — 4. Um den Einfluss des Luftvolumens auf das der Inspiration zu untersuchen, wurde der Versuch mit

Digitized by Google

weise und lassen in ihrer Atmosphäre kein Spur dieser Säure zurück. Verschiedene von der Pflanze abgelöste Früchte vermeh-

---

3 Pflaumen, welche 25 Cb. C. einnahmen, in 416 Cb. C. Luft während derselben Zeit wiederholt. Es zeigte sich, dass die Inspiration weit grösser ist in der kleinen Atmosphäre, welches Resultat beweist, dass die Inspirationen in der freien Luft geringer sein müssen als unter einem Recipienten, besonders wenn die Pflanzen Kohlensäuregas in ihrer Atmosphäre haben. — 5. Einfluss des *Sonnenlichtes* während 4 Tagen oder 48 Stunden. — 6. Die Pflaumen wurden 4 *Tage* und 4 *Nächte* derselben Atmosphäre ausgesetzt, indem sie an jedem Abend und Morgen durch frische ersetzt wurden. — 7. In einer künstlichen kohlensäurehaltigen Atmosphäre blieben die Pflaumen 4 Tage lang der Sonne ausgesetzt, während sie am Abend immer wieder herausgenommen wurden. Die hauptsächliche Ursache der Verminderung des Volumens, welche die Luft erlitten hat, liegt darin, dass die Früchte immer durch frische ersetzt wurden, indem nämlich diejenigen, welche herausgenommen wurden, eine grosse Menge der Kohlensäure, welche sie nicht zersetzt hatten, mit fortnahmen. — 8. Die folgenden Versuche wurden einen Monat später mit Pflaumen gemacht, die nur 2 oder 3 Tage von ihrer völligen Reife entfernt waren; das Volumen hatte sich verdoppelt und es wurden deshalb zu jedem Versuche nur 2 Früchte, welche 46 bis 50 Grm. wogen, angewandt. Dieser Versuch dauerte während 12 Stunden *der Nacht* und beweist, dass die Früchte bei gleichem Volumen mehr Sauerstoff umwandeln, wenn sie von ihrer Reife noch entfernter sind, als wenn sie derselben sich sehr nähern. — 9. Versuch während 12 Stunden im *Sonnenlichte*. Die fast reifen Pflaumen lassen im Schatten mehr Sauerstoff verschwinden als in der Sonne; sie würden eine entgegengesetzte Wirkung gezeigt haben, wenn sie nicht die Kohlensäure zersetzt hätten. — 10. Versuch während 4 Tage und 4 Nächte; die Pflaumen wurden nicht durch frische ersetzt. — 11. Derselbe Versuch, aber in einem Gemenge von Luft und Kohlensäure.

Versuche mit wilden Aepfeln (Pyrus malus L.). Während in den vorhergehenden Versuchen Früchte angewandt wurden, die im Innern und Aeussern fast ganz grün waren, wurde jetzt eine Frucht untersucht, deren Substanz zum grössten Theil, da sie weiss ist, die atmosphärische Luft in der Sonne wie im Schatten verschlechtern kann. Es wurden solche Aepfel ausgewählt, die an ihrer Aussenfläche keine Nüance in's Röthliche zeigten; ihre Epidermis war fahlgrün und gleichförmig; ihre Kerne waren noch nicht gefärbt; sie hatten einen Durchmesser von ungefähr 3 Centim.; ihr inneres Fleisch war weiss und nur nahe der Epidermis ganz wenig in's Grüne spielend.

Nro.	Vor dem Versuche.				Nach dem Versuche.			
	Sauerstoff.	Stickstoff.	Kohlensäure.	Zusammen.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Kohlensäure.	Zusammen.
1.					27,25	72,75		100
2.					29,5	70,5		100
				Cb. C.				Cb. C.
3.	210	790	0	1000	193,6	791,9	7,8	993,3
4.	210	790	0	1000	205,6	804,4	0	1010
5.	210	790	50	1050	218,3	799,7	13	1031.

No. 1. 20 Aepfel, welche 200 Grm. wogen und 240 Cb. C. einnahmen, entwickelten im Juli, in 1800 Grm. *Quellwasser* einem sehr *schwachen Sonnenlichte* ausgesetzt, von 11 Uhr Morgens bis 5 Uhr Abends 24¼ Cb. C. Luft, welche nach Abzug von 3 Proc. Kohlensäure

Digitized by Google

ren auf diese Weise den Sauerstoffgehalt der Luft, welche keine Kohlensäure enthält. Wenn ihr Wachsthum sehr schwach und

---

die obige Zusammensetzung hatte. — 2. Derselbe Versuch in *Regenwasser* entwickelte 26 Cb. C. Luft, welche auch 3 Proc. Kohlensäure enthielt. Wenn die Aepfel in Quellwasser nicht mehr Sauerstoffgas entwickeln als in Regenwasser, so kann man annehmen, dass sie unter Wasser, vor der Gährung, keine grössere Quantität Kohlensäure zersetzen können, als die ist, welche sich in ihrem Parenchym findet, und dass ihr Vermögen dieses Gas auszuarbeiten ausserordentlich schwach ist. — 3. Es wurden zu jedem der folgenden Versuche 2 Aepfel angewendet, die zusammen ein Volumen von 27½ Cb. C. hatten; der kurze Stengel derselben tauchte in ein wenig Wasser; bei diesem Versuche wurden sie während 12 Stunden *der Nacht* im Recipienten gelassen. — 4. Die Aepfel werden durch Einfluss von Sonne und Wärme weit mehr verändert als die bisher untersuchten Früchte; sie bilden hierbei Kohlensäure, welche sie selbst in der Sonne mit grosser Schnelligkeit absorbiren. Dieser Uebelstand wurde vermieden, indem der Recipient mit Gaze umhüllt und der obere Theil mit feuchtem Papier bedeckt wurde, während der Einwirkung der Sonne, deren Strahlen ausserdem wie vorher durch die Fensterscheiben geschwächt waren. Der Versuch dauerte 2 Tage und 2 Nächte, ohne dass die Aepfel durch frische ersetzt wurden. — 5. In einem Gemenge von Luft und Kohlensäure 2 Nächte und 2 Tage ausgesetzt.

Versuche mit unreifen Weintrauben.

Nro.	Vor dem Versuche.				Nach dem Versuche.			
	Sauerstoff.	Stickstoff.	Kohlensäure.	Zusammen.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Kohlensäure.	Zusammen.
				Cb. C.				Cb. C.
1.					29	71	—	100
2.					31	69	—	100
3.	210	790	0	1000	181,2	792,3	16,5	990
4.	210	790	0	1000	192,4	800,3	7,3	1000
5.	210	790	0	1000	208,3	797,7	0	1006
6.	210	790	0	1000	167,4	798,7	7,1	973,2
7.	210	790	0	1000	202,9	802,1	0	1005
8.	199,5	750,5	50	1000	225,9	764,7	7,4	998
9.	210	790	0	1000	192,9	796,8	7,3	997
10.	210	790	0	1000	213,1	800,4	7,5	1021
11.	210	790	0	1000	210	790	0	1000
12.	199,5	750,5	50	1000	207,7	750,3	21	979.

No. 1. 200 Grm. Weintrauben, deren jede ungefähr 12 Millim. im Diameter hatte, entwickelten Ende Juli in 1800 Grm. Quellwasser zwischen 11 Uhr Morgens und 5 Uhr Abends bei sehr schwachem Sonnenlichte 5,6 Cb. C. Luft. — 2. In Regenwasser 5,2 Cb. C. Es scheint also, dass die Fähigkeit die Kohlensäure zu zersetzen bei den Trauben nur schwach ist; dieses Resultat erklärt sich hauptsächlich daraus, dass die Vegetationskraft der Trauben sehr geschwächt wird, wenn sie von der Pflanze abgelöst sind. — 3. Die Traube wog 32 Grm. und nahm 33,7 Cb. C. an Volumen ein. Dieser Versuch dauerte während 12 Stunden *der Nacht*. — 4. Die Früchte wurden 4 Tage lang oder 48 Stunden dem Einfluss der Sonne ausgesetzt, deren Strahlen nur durch die Fensterscheiben etwas geschwächt wurden; während der Nacht waren sie nicht in der Atmosphäre. — 5. Derselbe Versuch, aber der Recipient war mit Gaze umhüllt und der obere Theil mit feuchtem Papier bedeckt. — 6. 96 Stun-

Digitized by Google

sehr langsam ist, so verderben sie die Luft unter allen Umständen, aber in der Sonne weniger als im Dunkeln. Die grünen, von der Pflanze abgelösten Früchte, wenn sie nach einander der Wirkung der Nacht und der Sonne ausgesetzt werden, verändern die Luft hinsichtlich ihrer Reinheit und ihres Volumens wenig oder gar nicht; die unbedeutenden Schwankungen, welche man in dieser Hinsicht bemerkt, sind theils eine Folge ihrer grössern oder geringern Fähigkeit, die Kohlensäure zu zersetzen, theils haben sie ihre Ursache in ihrer Zusammensetzung, welche sich nach dem Grade der Reife ändert; so scheinen die Trauben im unreifen Zustande eine kleine Menge Sauerstoffgas aus der Kohlensäure, welche sie in der Luft, in der sie Tag und Nacht vegetiren, bilden, zu assimiliren, während die beinahe reifen Trauben den Sauerstoff der Säure, welche sie in der Dunkelheit erzeugt haben, am Tage völlig ihrer Atmosphäre wieder zurückgeben. Saussure bemerkt, dass dies Resultat, welches allerdings nicht immer sehr

---

den oder 4 Tage und 4 Nächte; die Früchte wurden am Abend und am Morgen durch neue ersetzt; ohne Schwächung der Sonnenstrahlen. — 7. Derselbe Versuch, aber mit Schwächung der Sonnenstrahlen. (Es wurde ferner der folgende Versuch mit einer an der Mutterpflanze sitzenden Traube angestellt: diese trug 30 Beeren, deren Durchmesser 3 Millim. war, und wurde in eine Bouteille von weissem Glase und 440 Cb. C. Inhalt luftdicht eingeschlossen; nach 12 Tagen hatten die Trauben ihr Volumen verdreifacht und 30 Grm. Wasser transpirirt; die Traube nahm jetzt einen Raum von 9 Cb. C. ein, die Luft der Bouteille enthielt keine Kohlensäure und 22 Proc. Sauerstoff oder nur 1 Proc. mehr als die atmosphärische Luft. Dies beweist also, dass die Früchte ebenso wie die Blätter die Kohlensäure zersetzen, die in dem Stamme sich bildet, oder die sie aus der Erde durch das Wasser, welches sie ernährt, erhalten.) — 8. Eine vom Stamme abgelöste Traube, welche 32 Grm. wog, wurde 4 Tage und 4 Nächte in derselben mit Kohlensäure vermengten Atmosphäre gelassen, ohne dass sie durch neue ersetzt wurde; die Sonnenstrahlen wurden, wie angeführt, geschwächt. — 9. Zu den folgenden Versuchen wurden Trauben angewandt, die ein doppelt so grosses Volumen hatten; ihre Farbe zog sich in's Grün-gelbliche; sie waren halb durchscheinend und näherten sich sehr ihrer Reife. Jeder Versuch wurde mit 32 Grm. angestellt; die Intensität der Sonnenstrahlen wurde geschwächt. Der Versuch 9. dauerte während 12 Stunden der *Nacht*. — 10. 48 Stunden in *der Sonne;* die Trauben blieben nicht während der Nacht in dem Recipienten und wurden 4 Mal durch frische ersetzt. — 11. 4 *Tage* und 4 *Nächte*, ohne dass die Trauben erneuert wurden. Die Atmosphäre war am Ende des Versuches unverändert, während ein ähnlicher Versuch mit unreifen Trauben (s. oben) eine geringe Verminderung des Sauerstoffes zeigte; diese Differenz wird wahrscheinlich bewirkt durch den chemischen Zustand des Saftes dieser Früchte während der Epoche des Reifens, welcher sie verhindert, den Sauerstoff der Säure, welche sie zersetzen, zurückzuhalten; eine Vermuthung, die durch directe Versuche bestätigt wurde. — 12. Versuch während 4 *Tage* und 4 *Nächte* mit beinahe reifen Trauben, in einem Gemenge von atmosphärischer Luft und Kohlensäure. Die grosse Verminderung des Volumens, welche in dem letzten Versuche sich zeigt, rührt daher, dass die Kohlensäure, welche in grosser Menge vorhanden ist, zum Theil in dem Parenchym der Frucht zurückgehalten worden ist.

Digitized by Google

entschieden und auffallend, aber dennoch in allen seinen Versuchen sich constant zeigte, den Uebergang andeutet von dem sauren Zustande in den zuckerhaltigen, indem es zeigt, dass das saure Wesen der unreifen Trauben auf einer Fixirung des atmosphärischen Sauerstoffgases beruhe, und dass dieses saure Wesen verschwinde, wenn die Frucht nur Kohlenstoff aus der Luft oder der Kohlensäure entnehme. Die grünen Früchte zersetzen ferner ganz oder zum Theil nicht allein die Kohlensäure, welche sie während der Nacht erzeugt haben, sondern ausserdem diejenige, welche man künstlich ihrer Atmosphäre beigemengt hat. Wenn man den letztern Versuch mit wässerigen Früchten und solchen anstellt, welche, wie die Aepfel und Trauben, das saure Gas nur langsam ausarbeiten, so bemerkt man, dass sie in der Sonne eine weit grössere Menge Gas absorbiren, als ein gleiches Volumen Wasser in einem ähnlichen Gemenge würde thun können; sie entwickeln dann das Sauerstoffgas aus der absorbirten Säure und scheinen es in ihrem Innern zu bereiten. Ihr Vermögen, die Kohlensäure zu zersetzen, nimmt ab, sowie sie sich dem Zustande der Reife nähern. Sie eignen sich, in ihrer Vegetation, den Sauerstoff und den Wasserstoff des Wassers an, indem sie veranlassen, dass dieses seinen flüssigen Zustand verliert. Die angeführten Resultate lassen sich nach Saussure oft nur beobachten, wenn man ein Volumen von Luft anwendet, welches 30 oder 40 Mal das Volumen der Frucht übertrifft, und wenn man die erhitzende Einwirkung der Sonne sehr mässigt; wenn man diese Vorsichtsmaassregeln vernachlässigt, so verderben mehrere Früchte die Luft, selbst in der Sonne, indem sie mit dem Sauerstoff der sie umgebenden Luft Kohlensäure bilden; aber selbst in diesem letztern Falle zeigt schon allein die Vergleichung ihrer Wirkung im Dunkeln mit derjenigen, welche sie unter dem aufeinander folgenden Einflusse der Nacht und der Sonne ausüben, dass sie die Kohlensäure zersetzen. Die Differenzen nun, welche die Resultate Bérard's und Saussure's zeigen, haben nach dem Letztern hauptsächlich darin ihren Grund, dass Jener die Früchte in einen Raum einschloss, der deren Volumen nur um 6 bis 8 Mal übertraf und welcher zu eng war, als dass nicht die Früchte durch die Nähe oder Berührung mit den Wänden des durch die Sonne erhitzten Recipienten leiden mussten; einige dicke, fleischige Pflanzen halten diese Probe aus, wie die Versuche Saussure's mit den Cactus zeigen, aber mehrere Früchte erfordern eine behutsamere Behandlung, nicht allein als die dickblätterigen Pflanzen, sondern selbst als die zartesten Blätter. Saussure glaubt ferner, dass es nothwendig sei, die Früchte durch eine kleine Menge Wasser zu ernähren, welches Bérard ebenfalls vernachlässigt hat, und endlich ist zu beachten, dass zu Versuchen, durch welche man bestimmen will, ob die grüne, laubartige Substanz der Früchte, für sich allein betrachtet, die Entwickelung des Sauerstoffgases veranlasse oder nicht, man nicht solche Früchte nehmen darf, deren Farbe sehr matt ist und die

Digitized by Google

ein sehr dickes, gelbes oder weisses Parenchym haben; denn es ist bekannt, dass (wenige Fälle ausgenommen) die nicht grünen vegetabilischen Substanzen, wo auch immer ihr Sitz sei, die Luft in der Sonne wie im Schatten verderben, und dass ihre Wirkung diejenige der grünen Theile überwiegen kann; aus diesem Grunde hätte Bérard zur Entscheidung der hier hauptsächlich betrachteten Frage weder Pfirsiche, noch Mandeln, noch Aepfel, noch Erdbeeren anwenden dürfen, da deren Farbe blass, gelblich oder graulich ist oder in mehrere andere Farben hinüberspielt und nicht mit dem reinen und intensiven Grün der Blätter, welche diese Früchte begleiten, verglichen werden kann.

Auch Couverchel [93]) hat eine Reihe von Versuchen über den Einfluss der Früchte, während ihres Reifens, auf die sie um-

---

[93]) Couverchel: *Ueber das Reifen der Früchte;* Ann. de Ch. et de Ph. XLVI. 147 ff.; Pogg. Ann. XXII. 398—434. 1831. Couverchel fand bei noch grünen Apricosen und Pfirsichen, die noch am Baume sassen, in einem Gefäss von ¼ Liter Gehalt nach 24 bis 36 Stunden die Menge der Kohlensäure beständig vermehrt, ohne dass der Sauerstoff der Luft merklich abgenommen hatte; er erklärt dieses, ebenso wie de Saussure (s. oben), daraus, dass das Gefäss nicht gross genug war und folglich das Wachsthum gehemmt wurde. „Ich kann demnach nicht mit Bérard annehmen, dass das Reifen der Frucht erfolge durch eine immerwährende Entziehung des Kohlenstoffs, welcher sich mit dem Sauerstoff der Luft zur Bildung von Kohlensäure verbinde. Wäre der Sauerstoff unumgänglich für das Reifen, so hätte ich nicht eine Pfirsich sich entwickeln und alle Kennzeichen der Reife erlangen sehen können, die in ein Glas dicht eingeschlossen war, worin sich also die Luft nicht zu erneuern vermochte. In dem Glase hatten sich durch Transpiration 5 bis 6 Unzen Wasser gebildet.“ — „Während der Reaction der Frucht auf sich selbst, wenn sie in einer Luft eingeschlossen ist, machten sich einige besondere Erscheinungen bemerklich, von denen ich hier etliche anführen will. Eine vollkommen gesunde und 64 Grm. wiegende Butterbirne wurde in einen geeigneten Apparat gebracht und hatte schon am folgenden Tage eine grosse Menge Kohlensäure entwickelt. Die Entwickelung derselben hielt länger als einen Monat an, während dessen der Versuch dauerte, also noch lange nachdem der Sauerstoff in der Glocke verbraucht worden war. Zugleich bemerkte ich, dass die Innenseite der Glocke, sowie das äussere Häutchen der Birne, sich mit Feuchtigkeit überzogen. Die Birne hatte eine wahre Turgescenz erlitten, ihre Schale war durch die innern Gase gewaltsam ausgespannt, und als man sie aus der Glocke nahm, war sie so weich, dass der geringste Druck hinreichte, um in Menge einen sehr wässerigen, süssen und schleimigen Saft austreten zu lassen. Ihr Gewicht hatte um 2 Grm. abgenommen. Fast das ganze Parenchym der Birne war zerstört, und blos der am Fruchtstiel sitzende Faserbündel hatte dieser Zerstörung aller organisirten Materie widerstanden. Es scheint, dass nichts diese beständige Erzeugung von Kohlensäure und Wasser verhindern könne; denn ich habe nicht nur mit den umgebenden Gasen gewechselt, sondern auch einige dieser Früchte mit verschiedenen Ueberzügen, wie mit Mimosengummi, Traganth, Leinsamenschleim, Eiweiss, Goldschlägerhäutchen, Firniss u. s. w. versehen, um sie gegen den Contact der äussern Agentien zu bewahren; immer sah ich dieselbe Veränderung und fast in demselben Zeitraum eintreten. Andrerseits liess ich mehrere Fruchtarten, die zu mehr oder weniger von der Reife

Digitized by Google

gebende Atmosphäre, wie auch über die chemische Umwandlung ihrer Bestandtheile in dieser Periode angestellt, deren Resultate im Ganzen die von de Saussure erhaltenen bestätigen und zu beweisen scheinen, dass, der Behauptung Bérard's entgegen, der Sauerstoff zum Reifen der Früchte nicht durchaus nothwendig sei, und dass sich die zuckrige Materie derselben ohne dessen Vermittelung bilden könne. Nach Couverchel geschieht das Reifen der Früchte mit fleischigem Pericarpium durch die Reaction der zu deren Zusammensetzung gehörenden Stoffe. Er vermuthet, dass der Saft bei seinem Durchgange durch die jungen Zweige nach dem Ovarium sich säuere, in Folge der Zersetzung von Wasser und der Bindung von Sauerstoff. Dadurch, und begünstigt durch die Wirkung der Wärme, werden Säuren gebildet; diese wirken dann auf die Gallerte ein und wandeln sie in zuckrige Materie um. Man muss ferner, nach diesem Chemiker, in der Existenz der Frucht zwei Epochen unterscheiden. „Die erste umfasst ihre Entwickelung und die Bildung der in ihre Zusammensetzung eingehen-

---

entfernten Zeiten abgepflückt worden waren, trocknen und erhielt dabei beständig das Resultat, dass, bei einer und derselben Fruchtart, das Wasser fortwährend zunimmt, in dem Maasse, als das Reifen vorschreitet, der Schleim aber abnimmt und die Menge des Zuckers wiederum wächst. Diese Thatsachen sind sehr geeignet, meine Ansicht zu unterstützen, dass der Zucker auf Kosten und durch Zusammenwirken des Schleims und der Säure gebildet werde." — Ueber die Aufbewahrung der Früchte im Vacuo erhielt Couverchel ebenfalls ganz andere Resultate als Bérard: „Ich mochte nun Pfirsiche, Apricosen oder Weintrauben nehmen, so bemerkte ich doch, sobald diese Früchte nicht reif waren, dass sie während der ersten 14 bis 20 Tage keine merkliche Aenderung erlitten; allein nach dieser Zeit erhielt sich das Vacuum schwierig, die Frucht schrumpfte zusammen, ward kleiner und trocknete endlich vollständig aus. Waren dagegen die Früchte reif, so liess sich das Vacuum schwierig erreichen; man pumpte nicht blos die Luft aus der Glocke, sondern auch das Vegetationswasser aus. Die einander mehr genäherten Bestandtheile wirkten auf einander und die Zersetzung geschah rascher, wie sie in freier Luft geschehen sein würde. Als ich unter eine der Glocken ein Schälchen mit Kalkwasser setzte, bemerkte ich, dass es trübe wurde, und folglich, dass die Frucht, wie in den andern Versuchen, Kohlensäure bei ihrer Veränderung entwickelte." Gleichfalls fand, den Beobachtungen Bérard's entgegen, in dem mittelst Eisenoxydul bereiteten Stickgas eine baldige völlige Zersetzung Statt u. s. w.; durch Zusatz von Kalk, wodurch die Feuchtigkeit und Kohlensäure absorbirt wurden, liess sich die Zersetzung eine Zeitlang aufhalten. „Von allen Gasen gab mir die Kohlensäure den besten Erfolg. Wirklich hatten die Früchte, die ich darin einschloss, noch nach einem Monat ein ganz gutes Ansehen. Nach dieser Zeit veränderten sie sich aber bald; die Trauben wurden trübe, die Birnen gingen an. Endlich bemerkte man, bei Eröffnung des Glases, alle Kennzeichen der geistigen Gährung, welche durch die Kohlensäure wahrscheinlich nur verzögert worden war." — Couverchel hat ferner die Beobachtung gemacht, dass Stärke unter dem Einfluss auch von Pflanzensäuren (z. B. Weinsäure) erst in Gallerte und dann in zuckerige Substanz verwandelt wird; auch Baumgummi (ausgeflossenes *Cambium* nach Mirbel) verändert sich im papinianischen Topf bei einer Tem-

Digitized by Google

den Stoffe. In dieser ersten Periode findet ein directer und nothwendiger Einfluss der Pflanze auf die Frucht Statt. Die Wirkung dieser auf die atmosphärische Luft, wie schon de Saussure bemerkt, ist dieselbe, welche die Blätter ausüben; und ihre Zusammensetzung hat überdies mit diesen grosse Analogie. Die zweite umfasst das eigentliche Reifen; dies geschieht durch die Reaction der Bestandtheile auf einander, eine Reaction, die durch die Wärme befördert wird. In dieser Periode sind die Erscheinungen durchaus unabhängig von der Vegetation. Die Frucht erleidet, in Folge ihrer Zusammensetzung, von Seiten der Wärme und der Luft (letztere nur als Medium betrachtet) eine Wirkung, vermöge welcher sie die verschiedenen Grade des Reifens durchläuft. Diese Wirkung ist rein chemisch, was daraus hervorgeht, dass die meisten Früchte auch getrennt vom Baume reifen."

Die neuesten Untersuchungen, das Reifen der Früchte betreffend, sind endlich von Frémy veröffentlicht worden [94]). Er bestimmte

---

peratur von c. 125° C. sehr leicht in zuckerige Materie. — „Ungeachtet der vielen Versuche, welche ich mit noch am Stamme sitzenden Früchten angestellt habe, muss ich jedoch bekennen, dass dieser Theil der Aufgabe, wegen der Schwierigkeit der Ausführung, noch einige zweifelhafte Punkte darbietet. Indess haben meine Versuche mir doch zu bemerken erlaubt, dass die am Stamme sitzenden Früchte, ebenso wie die von ihm getrennten, auf Kosten ihrer selbst eine grosse Menge Kohlensäure entwickeln. Ich habe überdies bemerkt, dass die Gegenwart des Sauerstoffs der Luft nicht unumgänglich nothwendig ist zu dem Reifen, dass die zuckrige Substanz sich ohne dessen Zuthun bilden kann. Der Versuch mit einer Pfirsich, die sich entwickelte, ohne dass eine Gemeinschaft zwischen ihr und der äussern Luft bestand, liefert davon den Beweis. Man weiss überdies, dass der zuckerige Stoff nicht die Gegenwart der Luft zu seiner Bildung nöthig hat, denn man findet ihn in verschiedenen Pflanzentheilen, die dem Einfluss der Luft nicht direct unterworfen zu sein scheinen; so findet man ihn in verschiedenen Wurzeln, z. B. in der Runkelrübe, in der Möhre, in der Steckrübe; ferner in Zwiebeln; in Stengeln, z. B. in denen des Zuckerrohres, des Zuckerahorns."

[94]) *Chemische Untersuchungen über das Reifen der Früchte* (Compt. rend. t. XIX. No. 17), J. f. pr. Ch. XXXV. 469 ff. „Meine Absicht war vor Allem, den Einfluss zu bestimmen, welchen die Bestandtheile der Luft auf die Entwickelung der Früchte ausüben könnten. Meine Versuche erstreckten sich besonders auf die Früchte mit fleischigen Samenkapseln, und ich beobachtete bei den Untersuchungen über vom Baume abgenommene Früchte, wenn sie der atmosphärischen Luft ausgesetzt waren, stets eine schnelle Umwandlung des Sauerstoffes in Kohlensäure; meine Versuche bestätigen also vollständig diesen wichtigen Theil der Arbeit von Bérard (1821). — (Couverchel bemerkt [Compt. rend. t. XIX., J. f. pr. Ch. XXXV. 479]: „Frémy hält mit Bérard zum Reifen die Gegenwart der Luft insofern für unerlässlich, als sie den zur Kohlensäurebildung erforderlichen Sauerstoff liefert. Allerdings haben die Früchte im grünen Zustande nach de Saussure dieselbe Einwirkung auf die Luft wie die Blätter; sie ändert sich aber, sobald jene in die Periode des Reifens treten. Dann sind ihre Bestandtheile fertig, sie bedürfen nur der Wärme und Feuchtigkeit, um auf einander zu reagiren, beides liefert ihnen die Luft.")

Digitized by Google

zuerst die Natur des in den Zellen der Früchte eingeschlossenen Gases und fand dieses bei den reifen Früchten allein aus Kohlen-

---

Bérard brachte, um die Unerlässlichkeit des Sauerstoffs für das Reifen nachzuweisen, Früchte in Flaschen, welche mit Stickstoff, Wasserstoff oder Kohlenstoff angefüllt waren. Ich überzog die Früchte (Birnen, Pflaumen und Johannisbeeren), um sie bei möglichster Bewahrung ihres normalen Zustandes dem Einfluss der atmosphärischen Luft zu entziehen, mit Lagen von Gummi- und Harzfirniss; meine Versuche lieferten als Resultat den Beweis, dass die Entwickelung der Frucht stets in dem Augenblicke, da sie mit Harz verdeckt wird, still steht. Muss man mit Bérard annehmen, dass bei dem Reifen der Früchte die Erzeugung der Kohlensäure das wesentliche Phänomen ist, und dass die Holzfaser, indem sie Kohlenstoff verliert, sich in Zucker umwandelt?

Ich gestehe es, ich kenne nicht eine einzige Thatsache, welche diese Theorie zu unterstützen im Stande wäre. Durch das Einschliessen der Früchte in Flaschen oder durch ihre Einhüllung mit Harz hemmte man nothwendiger Weise ihre Transpiration, die nach der Meinung der ausgezeichnetsten Botaniker auf die Circulation der Säfte im Innern einen gewissen Einfluss ausübt. Der einzige wichtige Schluss, der sich aus den angegebenen Versuchen ziehen lässt, ist der, dass die Respiration und Transpiration der Früchte zwei für ihre Entwickelung unerlässliche Verrichtungen sind.

Die in verschiedenen Früchten enthaltenen Gase wurden von folgender Zusammensetzung gefunden:

	Luft eines reifen Apfels.		Luft eines grünen Apfels.		Luft eines grünen Apfels.
Kohlensäure	56	—	56	—	31
Stickstoff	44	—	39	—	59
Sauerstoff	0	—	5	—	10

	Luft der grünen Quitten.		Luft einer reifen Birne.		Luft einer grünen Birne.
Kohlensäure	70	—	68	—	68
Stickstoff	26	—	30	—	27
Sauerstoff	4	—	2	—	5

	Luft des blauen Weines.		Luft des blauen Weines.		Luft des weissen Weines.
Kohlensäure	93	—	90	—	95
Stickstoff	7	—	10	—	5.

Die Gasmenge, welche sich in den angegebenen Versuchen entwickelte, überstieg niemals die Hälfte des Volumens der Frucht. Da ich beobachtete, wie eine Frucht den Sauerstoff der Luft in einigen Stunden in Kohlensäure umwandelte, so war nichts natürlicher, als dass ich untersuchte, ob diese Umwandlung unter dem Einfluss von einem fermentartigen, in der Frucht vorher enthaltenen Körpers geschähe, oder ob sie allein von der Bildung der Samenkapsel abhinge. Um mich hiervon zu überzeugen, brachte ich in eine mit atmosphärischer Luft gefüllte Glocke eine Birne; es hatte sich nach mehreren Tagen auf Kosten der Luft Kohlensäure gebildet. Ich zerrieb darauf die Samenkapsel, so dass alle Zellen zerstört wurden, und sah, dass von diesem nämlichen Augenblicke an die Kohlensäure-Bildung vollständig aufhörte. Später ging der Zucker der Frucht in Gährung über. De Saussure hat bekanntlich in einem ähnlichen Versuche über die Blätter gefunden, dass diese nur, wenn ihre Organisation nicht zerstört wird, die Kohlensäure zersetzen.

Einige Chemiker haben behauptet, dass die in den Früchten ent-

Digitized by Google

säure und Stickstoff bestehend, während in den unreifen noch eine grössere oder geringere Quantität Sauerstoffgas beigemengt war.

---

haltenen Säuren durch die Einwirkung der Vegetation umgewandelt würden, und dass die Aepfelsäure sich in Citronen- oder Weinsteinsäure umbilden könne. Diese Ansicht beruht jedoch auf ungenauen Versuchen. Bei den Weinbeeren fand ich die Weinsteinsäure in einer Beere, welche nur 5 Milligr. wog, schon in nachweisbarer Quantität, welches Pelouze ebenfalls beobachtete. Man weiss, dass in einem gewissen Zeitpunkte an die Stelle des sauren, zusammenziehenden Geschmacks der Früchte eine angenehme Süsse tritt. Die Zuckerbildung in den Früchten ist von den Chemikern auf verschiedene Weise erklärt worden. Nach Couverchel's Ansicht bildet sich der Zucker der Früchte durch Einwirkung der organischen Säuren auf das Gummi, das Dextrin oder Stärkmehl, welche in den Früchten oder deren Blumenstielen enthalten sind. Hiergegen kann man mit Grund einwenden, dass, nach Biot's Entdeckung, der Zucker, welcher sich bei der Reaction der Säuren auf das Stärkmehl bildet, auf das polarisirte Licht anders wirkt als der Traubenzucker; es würden also hiernach die beiden Zucker nicht identisch sein.

Um nachzuweisen, inwiefern die Säuren bei dem Reifen und zu der Zuckerbildung thätig seien, versuchte ich die Säure einer Frucht während der Vegetation mit einer Alkali-Lauge zu sättigen und dann in dem Augenblicke des Reifens zu analysiren. — Ich benetzte einen mit grünen Früchten beladenen Pflaumenbaum in dem Augenblicke, da die Zuckerbildung begann, mit einer sehr verdünnten kohlensauren Natron-Lauge; die Pflaumen fielen bald vom Baume; sie hatten das äussere Ansehen der Reife; sie waren wohlriechend und gefärbt; die Zellen der Samenkapsel zeigten sich unter dem Mikroskop wie bei einer normalen Reife weich und durchscheinend; aber den Pflaumen fehlte der Zuckergeschmack; es lag am Tage, dass die Zuckerbildung gehemmt worden war. Aus diesem Versuche lässt sich keine Theorie für die Zuckerbildung in den Früchten ableiten; das Verschwinden des Zuckers kann am Ende einem krankhaften, durch Behandlung mit der alkalischen Flüssigkeit bewirkten Zustande des Baumes zugeschrieben werden. Ich begnüge mich, die wichtige Thatsache festzustellen, dass man durch Uebergiessen eines Baumes mit Alkali-Laugen die Zuckerbildung in den Früchten zum Stehen bringt. Dieser Versuch lässt ausserdem die Möglichkeit ahnen, chemische Reactionen auf das Innere der Pflanzen auszuüben, ohne ihre Organisation zu vernichten. — (Nach Couverchel [Anm. a. a. O.] beweist der Versuch, den Frémy dessen Theorie über die Zuckerbildung während des Reifens entgegensetzt, wenig und ist unvollkommen. „Die Entwickelung des Zuckers," bemerkt Couverchel, „ist die Vollendung der Reife der zuckerigen Früchte. Daher findet sich in dem Versuche Frémy's kein eigentliches Reifen, noch eine gegenseitige Reaction der Bestandtheile; die Veränderung des Pflaumenbaums würde durch jede andre Ursache erzeugt worden sein; denn die Pflaumen sind alsbald vom Baume gefallen. Niemals löst sich eine Frucht vor ihrer Entwickelung von der Mutterpflanze ohne gewaltsames Schütteln oder sonstige Veränderung. — Ich habe den Versuch gemacht, die Einwirkung der Säuren auf das Gummi, Gelatin oder Dextrin zu vermindern, ja zu vernichten; ich begoss zu dem Ende einen im Schatten stehenden Weinstock im Uebermaasse. Was war die Folge? Die Trauben wurden wie in einem regnerischen kalten Jahre nicht reif. Auf ähnliche Weise hat Frémy den Baum verändert, indem er einen sauren oder alkalischen Saft mit seinen Organen in Verbindung brachte.")

Bérard nimmt an, dass die Säure der unreifen Frucht in der zur

Digitized by Google

Er bestätigte die Erfahrung Bérard's, dass die Früchte den Sauerstoff der Luft sehr schnell in Kohlensäure umwandeln, ein Vermögen, welches sie jedoch verlieren, wenn man die Samenkapsel zerreibt, so dass alle Zellen zerstört werden, wie dieses in gleicher Weise bei den Blättern hinsichtlich ihrer Fähigkeit, die Kohlensäure zu zersetzen, schon von de Saussure nachgewiesen wurde. Frémy schliesst aus diesem Verhalten, dass das Phänomen der Respiration der Früchte nicht so einfach sei, als man gewöhnlich glaubt, und man muss nach ihm nothwendig annehmen, dass neben den chemischen Reactionen, welche sich in dem Reifen offenbaren, noch andere,

---

Reife gelangten bleibt, und dass ihr Geschmack durch den des Zuckers und Gummi's, welche sich in der reifen Frucht bilden, nur verdeckt wird. Ich habe jedoch als Thatsache festgestellt, dass die Früchte ihre saure Reaction in dem Maasse verlieren, als das Reifen vorschreitet, ja sie werden, wenn ihre Reife vollendet ist, für das Lakmuspapier fast neutral. Ich analysirte gleiche Gewichtstheile der Samenkapseln einer und derselben, bei 100° getrockneten, in den verschiedenen Zeiten des Reifens abgenommenen Frucht, welche nur eine einzige organische Säure enthielt; durch Auswaschen dieser getrockneten Samenkapseln mit kaltem Wasser erhielt ich Auflösungen, welche bei der Behandlung mit essigsaurem Bleioxyd beinahe gleiche Bleisalzmengen niederschlugen. Auf Grund einiger Analysen von Blumenstielen, welche zur Zeit der Reife ansehnliche Quantitäten von Kalk- und Kalisalzen enthielten, indem ich ferner auf das neutrale Verhalten gewisser reifer Früchte mich stützte, gelangte ich zu der Ansicht, dass in vielen Fällen die Säuren der Früchte durch die Basen, welche von dem Baume stammen, gesättigt sich vorfinden. Die Sättigung der Säuren einer Frucht scheint mir demnach eine für ihre Reife unerlässliche Bedingung zu sein.

Einige Chemiker sind der Ansicht, dass die Säuren der Früchte sich in Zucker umwandeln können. Es sei ferne von mir, diese Ansicht gradezu zu verwerfen, aber ich kenne bis jetzt nicht einen einzigen Versuch, der zu ihrer Annahme nöthigte. — Liebig und besonders Chevreul haben gezeigt, dass die in den Pflanzen enthaltenen organischen Salze sich in kohlensaure umwandeln können; auch meine Versuche bestätigen diese Ansicht. Es folgt aus einer grossen Anzahl von Versuchen, dass alle stickstoffhaltigen Substanzen von thierischem oder pflanzlichem Ursprunge bei ihrer Zersetzung an der Luft unter dem Einflusse einer Temperatur von 25° ihre organischen Salze in kohlensaure umwandeln können. Die Pflanzen können, wenn sie eingehen, Stoffe erzeugen, welche kräftig genug sind, um die festesten Körper in ihre Zersetzung mit hineinzureissen. In der That hat man den äpfelsauren Kalk (im Tabak z. B.) unter dem alleinigen Einfluss einer stickstoffhaltigen Substanz sich in kohlensauren Kalk verwandeln sehen; eine erhöhte Temperatur würde keine vollständigere Zersetzung bewirkt haben. Diese Reactionen gehören augenscheinlich in die Reihe der noch unbekannten Kräfte, welche in den Pflanzen so seltsame Veränderungen hervorbringen.

Wenn man sieht, wie in der Vegetation eine Base sich erst mit einer organischen Säure verbindet, um in den Zustand des kohlensauren Salzes zurückzukehren, so begreift man, dass ein Baum lange Zeit in demselben Boden wachsen kann, ohne die unorganischen Bestandtheile, welche zu seinem Wachsthume unerlässlich sind, zu erschöpfen, da ja der Baum, indem er seine Blätter verliert, der Erde einen grossen Theil des ihr entzogenen Kali's und Kalkes in kohlensauren Salzen zurückgiebt."

Digitized by Google

welche augenscheinlich von der Organisation der Pflanzen abhängen, thätig sind. Er versuchte vergeblich, in den Früchten einen fermentartigen Bestandtheil zu entdecken, welcher durch die Einwirkung auf den Zucker, auf das Pektin oder auf die Säuren der Früchte, den Sauerstoff in Kohlensäure umwandeln könnte. Er fand ferner, dass die in den Früchten vorkommenden Pflanzensäuren nicht durch den Vegetationsprocess, eine in die andere, umgewandelt würden, sondern die einer jeden eigenthümliche Säure konnte schon bei dem ersten Anfange ihrer Entwickelung nachgewiesen werden. In der Periode, in welcher die Früchte dem reifen Zustande sehr nahe sind und die Frémy mit Couverchel als eine Periode der Zersetzung ansieht, wandelt die Frucht den Sauerstoff der Luft schnell in Kohlensäure um und entwickelt diese Säure auch aus ihren eignen Bestandtheilen, indem ihr Zucker in Gährung übergeht, und die Zellen werden dann in der Regel welk. Die organischen Salze in den Pflanzen können, wenn diese in einem gewissen Zustande von Zersetzung sich befinden, unter dem alleinigen Einflusse einer stickstoffhaltigen Substanz sich in kohlensaure Salze verwandeln, und Frémy scheint es für wahrscheinlich zu halten, dass in den Früchten bei ihrem Uebergange in den reifen Zustand ein ähnlicher Process das Verschwinden der Pflanzensäuren veranlasse und das Hervortreten der zuckrigen Substanz bewirke.

Wir müssen hier noch der Versuche von Calvert und Ferrand [95]) über die Assimilation des Kohlenstoffs durch die Pflanzen Erwähnung thun; sie richteten ihre Aufmerksamkeit nicht sowohl auf die Veränderungen, welche die Pflanze in der sie um-

---

[95]) *Ueber die Vegetation, vom chemischen Gesichtspunkte betrachtet* (Cpt. rend. XVII. No. 18. 30. Oct. 1843), J. f. pr. Ch. XXXI. 15—21. Die Vff. hatten sich zur Aufgabe gemacht, durch die chemische Analyse die Veränderungen zu untersuchen, welche die Zusammensetzung der in den Pflanzen selbst enthaltenen Luft erleidet, sowohl nach den Organen als auch nach den Umständen, welchen die hauptsächlichsten Erscheinungen der Vegetation ausgesetzt sind.

I. Die Versuche über die Zersetzung der Kohlensäure durch die Pflanzen unter dem Einflusse des Sonnenlichtes wurden in der Art angestellt, dass, während die in gewissen Theilen der Pflanze enthaltene Luft untersucht wurde, die Pflanze selbst lebend in der Erde blieb; auf diese Art konnten alle die Phasen bei der Assimilation des Kohlenstoffs verfolgt werden, indem die Wirkung der Pflanze auf eingeschlossene Luft untersucht wurde, eine Methode, die den Vff. vernünftiger und zweckmässiger zu sein scheint, als die Analyse der umgebenden Luft.

II. Ferner wurde die in den Schoten von *Colutea arborescens* enthaltene Luft untersucht und die Modificationen verfolgt, welche die Kohlensäure, die sie enthalten, je nach den Umständen erleidet, in der Dunkelheit, beim Tages- oder beim Sonnenlichte, in den verschiedenen Perioden der Entwickelung, deren hier hauptsächlich drei angenommen sind: *junge Schoten*, *intermediäre Schoten* und *alte Schoten*. Die Früchte wurden unter Quecksilber geöffnet, das Gas getrocknet und in graduirten Glocken durch Kali die Kohlensäure absorbirt und zur Bestimmung der Menge des Sauerstoffs das Eudiometer mit Wasserstoff angewandt.

Digitized by Google

gebenden Atmosphäre hervorbringt, sondern namentlich auf die Beschaffenheit der in den Pflanzen selbst eingeschlossenen Luft in

Intermediäre Schoten.

Stunde des Versuches.	Zustand des Himmels.	Sauerstoff in 100, dem Volumen nach.	Kohlensäure in 100, dem Volumen nach.	Kohlensäure und Sauerstoff zusammen.
11	Nacht	20,496	2,746	23,242
7	Morgen, bedeckt	20,673	2,618	23,291
12	Mittag, bedeckt	20,908	2,429	23,337
4	Nachmittag, bedeckt	20,901	2,432	23,383
7	Morgen, Sonne	21,086	1,903	22,989
12	Mittag, Sonne	21,293	1,419	22,712
4	Nachmittag, Sonne	21,176	1,438	22,614
			Mittel	23,081

Junge Schoten.

11	Nacht	20,583	2,639	23,222
7	Morgen, bedeckt	20,626	2,605	23,231
12	Mittag, bedeckt	20,756	2,446	23,012
4	Nachmittag, bedeckt	20,743	2,475	23,218
7	Morgen, Sonne	20,844	1,934	22,778
12	Mittag, Sonne	21,032	1,762	22,794
4	Nachmittag, Sonne	21,246	2,0983	23,339
			Mittel	23,085

Alte Schoten.

11	Nacht	19,297	2,942	22,239
7	Morgen, bedeckt	20,166	2,609	22,775
12	Mittag, bedeckt	20,626	2,461	23,087
4	Nachmittag, bedeckt	20,595	2,475	23,070
7	Morgen, Sonne	21,139	2,316	23,455
12	Mittag, Sonne	21,246	2,106	23,342
4	Nachmittag, Sonne	20,676	2,107	22,783
			Mittel	22,965.

Folgerungen: 1) Diese numerischen Resultate zeigen, dass die in den Schoten eingeschlossene Luft an Kohlensäure weit reicher ist als die atmosphärische Luft; 2) die Menge der Kohlensäure ist bei Nacht beträchtlicher als am Tage (die äussersten Gränzen sind 2,746 und 1,419); 3) ferner lässt sich eine progressive Abnahme der Kohlensäure bis zu dem Punkte verfolgen, wo dieselbe aufzuhören scheint; man sieht also, dass die zersetzende Kraft des Lichts sich mit dessen Intensität und der Dauer seiner Wirkung vermehrt; 4) man bemerkt ferner, dass hinsichtlich des Alters der Schoten die Reduction der Kohlensäure mit der Kraft der Vegetation im Verhältniss steht; 5) als Beweis für die sehr geringe Durchdringbarkeit der Fruchthülsen des Blasenbaums sieht man in der Columne des Sauerstoffes, dass die Verhältnisse dieses Gases sich in der Frucht in dem Maasse vermehren, als die Kohlensäure in derselben sich zersetzt; 6) ist zu bemerken, dass, wenn man den Sauerstoff zur Kohlensäure hinzuaddirt, man als Mittelzahl 23 erhält; und dass die Kohlensäure immer Stickstoff und zuweilen ein wenig Sauerstoff austreibt; aber das Letztere ist nur der Fall, wenn die Quantität der Kohlensäure gross ist, wie sie das erste Beispiel einer jeden Reihe angiebt.

Digitized by Google

den verschiedenen Perioden ihrer Entwickelung sowohl, als zu den verschiedenen Tageszeiten unter dem abwechselnden Einflusse der Dunkelheit, des Tages- und des Sonnenlichtes. Ihre Beobachtungen bestätigten diejenigen Sennebier's, de Saussure's u. A. hinsichtlich der Fixation des Kohlenstoffs unter dem Einflusse des Sonnenlichtes und zeigen zugleich auf eine deutlichere Weise, als die bisherigen, die Art und Weise der Wirkung, welche das Licht auf die Reduction der Kohlensäure ausübt, welche mit der Morgendämmerung anfängt und während des Tages beim gewöhnlichen Tageslichte fortgesetzt wird, und nicht, wie man bisher anzunehmen geneigt war, allein in dem Falle stattfindet, wenn die Pflanze von den Strahlen der Sonne direct getroffen wird. Sie haben diese Untersuchungen sowohl mit der in den Schoten der Hülsenfrüchte als auch mit der in den Stengeln verschiedener Pflanzen enthaltenen Luft angestellt und dabei den bemerkenswerthen Unterschied gefunden, dass, entgegengesetzt dem Verhalten der Luft in den Schoten, in den Stengeln der Sauerstoff sich während der Nacht zugleich mit der Menge der Kohlensäure vermehrt.

Das Verhalten der *niederen Pflanzen gegen die sie umgebende Atmosphäre* bietet einige von demjenigen der höher organisirten Gewächse verschiedene bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten dar. Humboldt[96]) hatte bereits im Jahre 1793 bemerkt, dass gewisse

---

III. Untersuchung der Luft in den Räumen einer Anzahl von hohlen Stengeln. Die Mengen des Sauerstoffs und der Kohlensäure sind auf die angegebene Weise dem Volumen nach bestimmt.

Namen der Pflanzen.	Versuche bei Nacht.		Versuche bei Tage.		Zunahme der	Zunahme des
	Kohlensäure.	Sauerstoff.	Kohlensäure.	Sauerstoff.	Kohlensäure bei Nacht.	Sauerstoffs bei Nacht.
Heracleum spondylium	—	—	1,408	19,653	—	—
Angelica archangelica	2,581	20,364	1,766	19,784	0,815	0,580
Ricinus communis	3,078	18,656	2,721	16,876	0,347	1,780
Dahlia variabilis	3,133	18,823	2,881	18,119	0,252	0,704
Arundo Donax	4,619	18,691	4,407	18,193	0,212	0,498
Leycesteria formosa	2,879	19,137	2,267	18,703	0,612	0,434
Sonchus vulgaris	—	19,774	2,326	17,971	—	1,803.

Die Zusammensetzung der in den Stengeln dieser Pflanzen enthaltenen Luft ist also sehr abweichend von derjenigen der atmosphärischen Luft, hauptsächlich wegen der grossen Menge Kohlensäure, welche Menge mit der Kraft der Vegetation sich vermehrt. Die Menge der Kohlensäure ist bei Nacht grösser als bei Tage, aber die Differenz nicht so bedeutend, wie es bei den Hülsenfrüchten gefunden wurde. Ferner kann man noch bemerken, dass in den Stengeln der Sauerstoff sich des Nachts zugleich mit der Kohlensäure vermehrt, während das Gegentheil bei den Schoten, die hier untersucht wurden, zu sehen ist.

[96]) Von Humboldt in seiner *Flora Fribergensis*, 1793, sagt: „*Specimina agarici campestris juniora antequam pileum expilatum*

Digitized by Google

Pilze und Schwämme die Eigenthümlichkeit hätten, bei Tage wie bei Nacht Wasserstoffgas zu entwickeln, eine Beobachtung, welche de Candolle [97]) bestätigt fand, als er einige Pilze unter Wasser dem Einflusse des Sonnenlichtes aussetzte. Ausführlichere und genauere Notizen über dies Verhalten der Pilze verdanken wir den Untersuchungen Marcet's, von welchen der erste Theil im Jahre 1829 veröffentlicht wurde [98]). Er bemerkte, dass die Pilze in der atmosphärischen Luft keine Spur von Wasserstoffgas aushauchten, weder bei Tage noch bei Nacht. Ganz anders war jedoch das

---

et annulum perruptum, diu et noctu gaz hydrogeneum emittere deprehendi;" und ausserdem: „*Idem in Agarico androsaceo deprehendi.*"

[97]) De Candolle in seiner *Flore française*, Vol. II, bemerkt, dass er bei der *Sphaeria digitata*, wenn sie unter Wasser dem Sonnenlichte ausgesetzt wurde, die Entwickelung eines Gases beobachtet habe, in welchem er 70 Proc. Wasserstoffgas gefunden habe. Und Marcet (Ann. de Ch. et de Ph. XL. p. 319): „Derselbe Gelehrte hat mir mitgetheilt, dass er unter denselben Umständen aus der *Peziza nigra* 14 Proc. Wasserstoffgas erhalten habe."

[98]) F. Marcet: *Notiz über die Einwirkung der Pilze (Champignons) auf die Luft und das Wasser;* Ann. de Ch. et de Ph. LX. 318—324. 1829. Resultate einiger Versuche mit unter Wasser befindlichen Pilzen, *in der Sonne:* 3 Pilze der Species *Agaricus leucocephalus* lieferten in 6 Stunden 2 Cub. Zoll Gas, welches aus 42 Proc. Wasserstoff, 56 Stickstoff und 2 atmosphärischer Luft bestand; 3 Stiele von *Sphaeria digitata* lieferten in 10 Stunden ein Gas, in welchem 65 Proc. Wasserstoff und 33 Proc. Stickstoff sich befanden; 3 Pilze der Species *Agaricus ericeus* in 10 Stunden $1\frac{3}{4}$ Cb. Z. Gas, welches 55 Wasserstoff und 44 Stickstoff enthielt; mehrere Individuen der Species *Ag. deliquescens* gaben in 6—8 Stunden 2 Cb. Z. eines Gases, das 70 Proc. Wasserstoff und 30 Stickstoff enthielt. — Versuche im *Schatten:* 2 Stiele von *Agar. contortus* hatten im Dunkeln nach 24 Stunden kein Gas entwickelt; nur nach Verlauf von 60 Stunden waren 2 Cb. Z. frei geworden. Die *Sphaeria digitata* gab ähnliche Resultate. Mehrere Individuen von *Agar. physalloides* hatten nach 48 Stunden nur eine einzige Gasblase gebildet und waren übrigens ganz frisch und geruchlos geblieben; als sie der Sonne ausgesetzt wurden, entwickelten sie in 2 Stunden 2 Cb. Z. Gas, welches aus 57 Proc. Wasserstoff und 43 Stickstoff bestand. — Aus folgenden Gründen glaubt Marcet, dass die Wasserstoffbildung einem Vegetationsprocess und nicht einem Fäulnissprocess zuzuschreiben sei: Die Pilze waren immer ganz frisch; grade die sehr lederartigen Pilze, wie *Sphaeria digitata*, welche also der Fäulniss lange Zeit widerstehen, entwickelten in kurzer Zeit eine beträchtliche Menge Wasserstoffgas; dagegen entwickelten die Pilze, die weicher und zur Fäulniss mehr geneigt waren, oft nur eine sehr geringe Menge Gas, wie de Candolle schon bei der *Peziza nigra* beobachtet hatte. Ferner hat sich das Licht, welches die Wasserstoffgasbildung sehr befördert, niemals der Fäulniss besonders günstig gezeigt, während es im Gegentheil in der Vegetation eine grosse Rolle spielt. Endlich, wenn man annimmt, dass die Gasentwickelung das Resultat der Vegetation des Pilzes sei, erklärt sich leicht die Gegenwart einer grossen Menge Stickstoff, indem man annimmt, dass dieser entsteht durch Zersetzung der Luft sowohl, welche das Wasser enthält, als derjenigen, welche zwischen den Poren und in dem Gewebe der Pflanze selbst vorhanden ist.

Digitized by Google

Verhalten, wenn die Pilze unter Wasser sich befanden; in diesem Falle entwickelten sie in der Sonne immer ein Gas, welches er aus Wasserstoff, Stickstoff und zuweilen aus 2 bis 3 Proc. atmosphärischer Luft zusammengesetzt fand; in der Dunkelheit dagegen bildete sich oft selbst nach 24 oder 48 Stunden gar kein Gas; nach noch längerer Zeit erhielt er zwar eine sehr geringe Menge Gas, welches aber beinahe immer weniger Wasserstoff- und mehr Stickstoffgas enthielt als dasjenige, welches sich unter dem Einflusse der Sonne entwickelt hatte. Marcet hält es für wahrscheinlich, dass die Ursache der angeführten Erscheinungen in einer Art von Vegetation zu suchen sei, welche auch im Wasser sich fortsetze und durch Zersetzung des letztern, indem der Sauerstoff von dem Pilze assimilirt werde, die Entwickelung des Wasserstoffgases veranlasse; und er glaubt nicht, dass die letztere als das Resultat einer beginnenden Fäulniss betrachtet werden könne. Im Jahre 1835 theilte Marcet wiederum Versuche mit [99]), welche die Veränderungen der Luft durch lebende Pilze zum Gegenstande einer näheren Erörterung machten. Dieselben führten zu den folgenden Resultaten: Die Pilze verderben die atmosphärische Luft sehr schnell sowohl dadurch, dass sie den Sauerstoff derselben absorbiren und mit ihrem Kohlenstoff zu Kohlensäure verbinden, als auch dadurch, dass sie ganz aus ihren eigenen Bestandtheilen Kohlensäure erzeugen, wenn der Versuch lange genug fortgesetzt

---

[99]) F. Marcet: *Versuche über die Veränderungen, welche die Atmosphäre bei der Berührung mit gewissen Pflanzen erleidet, die keine grün gefärbte Theile haben* (Mém. de la Soc. de Ph. et d'hist. nat. de Genève), Ann. de Ch. et de Ph. LVIII. 407 — 427. 1835. Die Versuche wurden mit Pilzen *(Champignons)* angestellt, die aus der Erde herausgenommen waren; jedoch nur solche angewandt, die mehr oder minder lederartig waren, also der Zersetzung länger widerstanden; der Versuch dauerte nur einige, am öftesten 8 bis 10 Stunden, und es wurde eine geringe Menge Erde oder Holz (wenn sie auf diesem wachsend vorkamen) an den Wurzeln festsitzend gelassen, um so wenig als möglich den natürlichen Zustand der Vegetation zu verändern. I. *Wirkung der Champignons auf die atmosphärische Luft:* Der nach Cubikcentimetern eingetheilte Recipient war durch Quecksilber gesperrt.

Nro.	Vor dem Versuche.			Nach dem Versuche.			
	Stickstoff.	Sauerstoff.	Zusammen.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Kohlensäure.	Zusammen.
			Cb. C.				Cb. C.
1.	87,7	23,3	111,0	87,0	2,3	23,7	113,0
2.	87,7	23,3	111,0	87,4	2,5	22,1	112,0
3.	79,0	21,0	100,0	79,0	18,0	3,0	100,0
4.	53,0	14,0	67,0	53,1	1,7	12,2	67,0
5.	96,4	25,6	122,0	96,2	0,8	31,0	128,0
6.	96,4	25,6	122,0	96,4	2,5	30,1	129,0
7.	49,8	13,2	63,0	49,5	3,9	9,6	63,0
8.	94,8	25,2	120,0	94,7	0,6	28,7	124,0.

Digitized by Google

wird. Die Veränderungen, welche die atmosphärische Luft auf diese Weise erleidet, scheinen am Tage und bei Nacht sich gleich zu bleiben. Wenn man die Pilze eine Zeitlang in reinem Sauerstoffgase aufbewahrt, so bemerkt man, dass nach Verlauf einiger Stunden eine grosse Menge des Sauerstoffgases verschwunden ist; ein Theil dieses absorbirten Sauerstoffes verbindet sich mit dem Kohlenstoffe der Pflanze, um kohlensaures Gas zu bilden, während der andere Theil in der Pflanze sich zu fixiren scheint und wenigstens zum Theil durch Stickstoffgas, welches aus dem Pilze sich entwickelt, ersetzt wird. In reinem Stickstoffgase bringen frische Pilze keine Veränderungen hervor oder nur in der Weise, dass eine kleine Quantität Kohlensäure sich bildet und in einigen Fällen die Absorption einer sehr unbedeutenden Menge Stickstoff stattfindet.

No. 1. 3 Pilze der Species *Lycoperdon bovista*, welche 130 Gran wogen, wurden 9 Stunden lang dem Einfluss des Tageslichtes ausgesetzt, aber vor den directen Sonnenstrahlen geschützt. Es verbanden sich während dieser Zeit 21 Cb. C. Sauerstoff der Luft mit dem Kohlenstoff der Pflanze zu Kohlensäure, und ausserdem haben die Pilze ganz aus sich noch 2,7 Cb. C. Kohlensäure entwickelt. Es verschwanden 0,7 Cb. C. Stickstoff, eine sehr geringe Menge, welche man einer Absorption zuschreiben kann, die in der Porosität der Pilze ihre Ursache hatte, oder vielleicht auch auf einem Beobachtungsfehler beruht. — 2. Der Versuch mit derselben Species während 10 Stunden in einer völligen Dunkelheit (Thermometer 16° C.) ausgeführt. — 3. 3 Pilze (Gewicht 72 Gran) derselben Species in einem mehr vorgerückten Alter, in welchem die Vegetation beinahe aufgehört zu haben scheint und dieser Pilz, anstatt eine fleischige Consistenz zu besitzen, nur aus einer mit feinem Staub angefüllten Hülle besteht, liess man 6 Stunden am Tage und 6 Stunden der Nacht im Recipienten. — 4. 3 Pilze der Species *Agaricus amarus*, welche zusammen 60 Gran wogen, wurden am Tage 9 Stunden lang (Thermometer 20° C.) der Luft des Recipienten ausgesetzt. Derselbe Versuch während 12 Stunden der Nacht wiederholt, gab fast genau dieselben Resultate. — 5. 3 Individuen von *Agar. campestris*, welche zusammen 190 Gran wogen (Thermom. 22° C.), 10 St. dem Tageslichte ausgesetzt. — 6. Derselbe Versuch wiederholt während 12 Stunden der Nacht. 2 Individuen derselben Species, welche 120 Gran wogen und sich in dem Zustande einer anfangenden leichten Zersetzung befanden, veränderten während 12 Stunden (Temperatur 18° bis 20° C.) die atmosphärische Luft auf folgende Weise: 79,7 Stickstoff, 13,3 Sauerstoff und 7 Proc. Kohlensäure; also weit weniger als im frischen Zustande. — 7. Mehrere kleine Individuen von *Agar. digitaliformis*, welche zusammen 60 Gran wogen (Thermom. 22° C.), 9 Stunden lang der Luft ausgesetzt. Es ist zu bemerken, dass diese Pilze eine weiche Consistenz haben und nach kurzer Zeit in Fäulniss übergehen. — 8. 4 Individuen von *Boletus versicolor* (ein Pilz, der sehr lederartig ist und mehrere Tage der Zersetzung widersteht) wogen 140 Gran und blieben an einer dünnen Schicht Eichenholz, worauf sie gewachsen waren, sitzen (Thermometer 21° C.); der Versuch dauerte während 12 Stunden des Tages. Ein Versuch während 12 Stunden der Nacht lieferte fast dieselben Resultate.

Digitized by Google

Aus den vor Kurzem von Hoffmann [100]) mitgetheilten Beobachtungen über das Verhalten von Pilzen und Moosen ergiebt sich von Neuem, dass die Vegetationsbedingungen der Zellenpflanzen, der grünen sowohl wie der andern, von denen der Gefässpflanzen sehr abweichen; man bemerkt nämlich, dass die Quantität der Kohlensäure, welche von den Pilzen ausgeathmet wird, an und für sich sehr bedeutend ist (ein Frosch athmet auf 100 Grm. in 100 Minuten 0,02, eine Katze 0,26, eine Taube 0,48 Kohlensäure aus); dass sie durch die höhere Reife des Pilzes, besonders aber bei Sonnenlicht, im Gegensatze zur völligen Dunkelheit, bedeutend zunimmt, während bei den Gefässpflanzen die Sonne gerade umgekehrt die Menge der Kohlensäure vermindert. Hoffmann knüpft hieran die Bemerkung, dass die Zellenpflanzen, wie auch überhaupt die parasitischen Pflanzen, denen fertige Nahrungsstoffe und in andern Fällen vielleicht auch humusartige Substanzen zur Nahrung dienen sollen, sich den Gefässpflanzen, welche aus einfacheren Stoffen, aus Kohlensäure und Wasser z. B., ihr Gewebe bilden, entgegengesetzt verhalten und Kohlensäure abscheiden müs-

---

II. *Wirkung auf das reine Sauerstoffgas:*

Vor dem Versuche.		Nach dem Versuche.			
Nro.	Sauerstoff.	Sauerstoff.	Kohlensäure.	Stickstoff.	Zusammen.
	Cb. C.				Cb. C.
1.	93,0	50,7	21,5	18,8	91,0
2.	100,0	29,0	41,0	22,0	92,0
3.	83,0	29,0	28,0	21,0	78,0
4.	84,0	29,0	29,0	23,0	81,0
III.	*Wirkung auf das reine Stickstoffgas:*				
5.	100,0	0	4,0	98,0	102,0
6.	90,0	0	2,0	89,0	91,0
7.	100,0	0	3,0	100,0	103,0.

No. I. Zwei frische Pilze der Species *Agaricus amarus*, welche zusammen 90 Gran wogen (Thermom. 20° C.), blieben 12 St. des Tages im Recipienten. Es verschwanden 42,3 Cb. C. Sauerstoff, wovon 20,8 Cb. C. in den Champignons fixirt zu sein schienen, während sie durch 18,8 Cb. C. Stickstoffgas ersetzt wurden. Derselbe Versuch während 12 St. der Nacht wiederholt, lieferte gleiche Resultate. — 2. 3 Individuen von *Boletus versicolor*, zusammen 125 Gran (Thermom. 14° C.), blieben 7 St. des Tages und 6 St. der Nacht im Recipienten. — 3. Mehrere kleine Individuen von *Agar. pulverentulus*, zusammen 100 Gran, wurden während 9 St. des Tages und 3 St. der Nacht dem Versuche unterworfen (Thermom. 18° C.). — 4. 2 Individuen von *Lycoperdon bovista*, von denen das eine 65, das andere 35 Gran wog, blieben 10 St. unter der Glocke. — 5. 4 Individuen von *Boletus versicolor* (Thermom. 18° C.) blieben 12 St. lang unter der Glocke. — 6. Derselbe Versuch (17° C.) wiederholt. — 7. 4 Individuen von *Agaricus amarus* (18° C.), 12 Stunden.

[100]) H. Hoffmann: *Ueber eine Gasabsonderung der Pflanzen;* Lieb. Ann. LIII. 242—252. 1845. Die Versuche wurden so angestellt, dass trockne kohlensäurefreie Luft über die wachsende Pflanze strich

Digitized by Google

sen; die Organe selbst zur Sauerstoffabscheidung fehlen ihnen, indem sie meist ohne Chlorophyll sind oder eine grüne Farbe besitzen, die schon dem Anscheine nach merklich von derjenigen der übrigen Pflanzen abweicht.

Wir haben bereits früher der Versuche Sennebier's Erwäh-

---

und so die von dieser gebildete Kohlensäure in einen Kaliapparat trieb, der vor und nach dem Versuche gewogen wurde.

Namen der Pflanzen.	Gewicht d. Pflanze im feuchten Zustande.	Tageszeit.	Temperatur.	Zustand des Himmels.	Dauer des Versuches.	Menge der gebildeten Kohlensäure.	Menge der Kohlensäure in 100 Min. auf 100 Grm.	
							feuchter Subst.	trockner Subst.
	Grm.			düsterer	Minuten.	Grm.	Grm.	Grm.
1. *Agaricus detonsus*	31,062	Morgens	15° R.	Herbsttag	195	0,165	0,272	15,111
2. *Hydnum repandum*	154,3	,,	15° ,,	ebenso	195	0,099	0,032	0,067
3. *Agar. puniceus*	202,3	,,	15° ,,	ebenso	360	0,117	0,015	0,078
4. *Russula emetica*	112,4	,,	9° ,,	hell	165	0,060	0,032	0,224
5. *Agar. nitens*	138,7	,,	12° ,,	hell	135	0,078	0,042	0,253
6. Dieselben	—	Abends	—	imDunkeln	120	0,030	0,016	
7. *Cantharellus cibarius*	93,6	Mittag	10° ,,	hell	135	0,022	0,017	0,123
8. Dieselben (älter)	124,3	Abends		imDunkeln	130	0,019	0,012	
9. Dieselben	—	Morgens	8° ,,	hell	120	0,030	0,020	
10. *Boletus luteus*	120,1	Mittag	10° ,,	Regen	90		0,032	0,376
				schwaches				
11. *Lycoperdon coelatum*	73,1	Morgens		Licht	90		0,006	0,111
12. *Agar. virgineus*	99,6	Nacht		imDunkeln	135	0,020	0,014	0,238
13. Dieselben	—	Morgens	10° ,,	hell	120	0,028	0,023	0,391
14. *Agar. spectabilis*	182,8	,,		hell	105	0,043	0,022	0,142
15. Dieselben	—	Abends		imDunkeln	125	0,040	0,017	
16. *Agar. muscarius*	116,5	Morgens	11° ,,	trübe	115	0,039	0,029	0,498
17. Dieselben	—	Abends		imDunkeln	107	0,035	0,027	

Digitized by Google

nung gethan, aus welchen sich ergab, dass die Blätter unter dem Einflusse des Sonnenlichtes im Stande wären, sowohl die in Wasser aufgelöste, wie auch die freie, ihnen durch die Luft zugeführte Kohlensäure zu zersetzen, dass also den Pflanzen gleichzeitig die Kohlensäure, welche sie mittelst ihrer Wurzeln mit der Feuchtigkeit aus dem Boden aufsaugen, und die in der Atmosphäre vorhandene Kohlensäure zur Nahrung dienen kann. Alle die zahl-

Versuche mit grünen Pflanzen.

Namen der Pflanzen.	Gewicht d. Pflanze im feuchten Zustande.	Tageszeit.	Temperatur.	Zustand des Himmels.	Dauer des Versuches.	Menge der gebildeten Kohlensäure.	Menge der Kohlensäure in 100 Min. auf 100 Grm. trockner Subst.	feuchter Subst.
	Grm.				Minuten.	Grm.	Grm.	Grm.
18. *Hypnum triquetrum*	20,0	Morgens	9° R.	etw. Sonne	100	0,042	0,210	2,561
19. Dasselbe Moos	—	Abends	—	imDunkeln	130	0,022	0,084	1,024
20. *H. tamariscinum*	12,0	Morgens	—	helleSonne	115	0,012	0,087	
21. Dasselbe Moos	—	Abends	—	imDunkeln	139	0,011	0,066	
Versuche mit Gefässpflanzen.								
22. *Euphorbia Peplus*	19,5	Morgens		Regen	130	0,014	0,059	
23. *Urtica urens*	22,2	„	10° R.	etw. Sonne	130	0,014	0,048	1,236
24. Dieselben Pflanzen	—	Abends	—	imDunkeln	175	0,042	0,108	
25. *Cichorium endivia*	62,0	Morgens		helleSonne	90	0,013	0,023	0,403
26. Dieselben Pflanzen	—	Abends		imDunkeln	125	0,080	0,103	

„Betrachtet man im Allgemeinen die Stellung der Parasiten im Pflanzenreiche, so findet man entweder solche, welche sich von den unveränderten, guten Säften andrer Pflanzen (und Thiere) nähren; man hält sie für Schaden bringend. Hierher gehören die Misteln, Riemenblumen, Hypocisten etc.; oder aber sie leben auf und von den Ueberbleibseln früherer Vegetation, im Humus, auf modernder Borke, und hierher gehören die meisten Pilze, Moose und Flechten. Man hält sie für Anzeichen, nicht Ursache, von schlechtem Zustand der Säfte etc.

Es fällt in die Augen, dass dies Verhältniss demjenigen entspricht, welches bei den Thieren vorkommt, die zwei Hauptabtheilungen der Thiere repräsentiren, Aasfressern und solchen, welche frisches Fleisch verzehren. Ihr Verhältniss zu den producirenden, übrigen Thieren ist dasselbe, wie das der Parasiten zu den andern Pflanzen, welche die einfacheren Bestandtheile der Luft, des Bodens in immer zusammengesetztere Formen umbilden, um sofort den anders organisirten Pflanzen Nahrung und Leben zu gewähren; sei es schon bei ihrem eignen Leben, sei es erst nach ihrem Absterben. — Wir erkennen hier wieder die wunderbaren Mittel, wodurch die unendliche Masse von Lebensformen, deren Darstellung der

reichen bisher angeführten Versuche und Beobachtungen verschiedener Chemiker haben diese Thatsache bestätigt; diese Versuche beziehen sich allerdings hauptsächlich nur auf die Vegetation von Pflanzen in der künstlich mit Kohlensäure gemengten atmosphärischen Luft, also in einer Luft, die weit reicher an dieser Säure ist als die atmosphärische Luft selbst; man kann nun schon aus der schnellen Zersetzung (Gilby[101])) einer grösseren Menge von Säure schliessen, dass dieselbe Zersetzung durch die Blätter der Pflanzen auch da stattfinden muss, wo die Kohlensäure, wie dies in der Natur der Fall ist, in einem bestimmten Raume nur in geringer Menge vorhanden ist, und dass dieses wirklich der Fall

---

Hauptzweck der Natur zu sein scheint, sich im Gleichgewichte zu erhalten vermögen.

Ich brauche kaum mehr hinzuzufügen, dass die Kohlensäure in obigem Betreff besonders entscheidend ist und dies um so mehr sein muss, so lange uns die näheren Nahrungsmittel der Pflanzen nicht genauer bekannt sind, sowohl die der Mutterpflanzen als der Schmarotzer. Pflanzen, welche aus einfacheren Stoffen, aus Kohlensäure und Wasser z. B., ihre Gewebe bilden, athmen unter Einfluss der Sonne Sauerstoff aus, die Kohle und der Wasserstoff bleiben in der Pflanze zurück. Pflanzen dagegen, denen fertige Nahrungsstoffe und in andern Fällen vielleicht auch humusartige Substanzen zur Nahrung dienen sollen, müssen sich hierin natürlich entgegengesetzt verhalten, sie müssen Kohlensäure abscheiden. Selbst die Organe zur Sauerstoffabscheidung fehlen ihnen, sie sind meist ohne Chlorophyll, oder haben zwar eine grüne Farbe, die indess schon dem Anschein nach merklich differirt.

Stellt man die gleichartigen Fälle in obiger Versuchsreihe zusammen, indem man von jeder Species der untersuchten Schwämme einen Versuch, und zwar bei Tageslicht, herauswählt, so ergiebt sich, dass der *Wassergehalt* ohne Einfluss auf die Quantität der entwickelten Kohlensäure ist. Es zeigt sich nach den Versuchen keine constante Differenz zwischen den Schwämmen, welche im Sonnenschein wachsen, und denjenigen, welche im gebrochenen Licht der Wälder gedeihen. Der Einwurf, dass anfangende Zersetzung den wesentlichsten Grund der Kohlensäureentwickelung abgebe, widerlegt sich theils durch das Aussehen und die Beschaffenheit der angewandten Schwämme, theils dadurch, dass nicht gleichmässig mit dem Zeitpunkt des Abpflückens der Schwämme die Kohlensäuremenge zu- oder abnimmt, auch nicht, wenn man dabei den Wassergehalt der Schwämme, als ein Fäulniss begünstigendes Moment, in Anschlag bringt. Ebenso wenig zeigt die Temperatur einen constanten Einfluss, indem bei gleicher Temperatur und verschiedener Beleuchtung dieselbe Species verschiedene Mengen Gas lieferte."

[101]) Gilby: Ann. de Ch. et de Ph. XVII. 64 u. 65. 1821. Er brachte in eine Glasglocke von 21 Cb. Z. Inhalt, welche 70 Proc. gewöhnliche Luft und 30 Kohlensäure enthielt, 2 Cb. Z. frisches Gras; nach 4 Stunden war die Kohlensäure bis auf 2 Proc. verschwunden und der Sauerstoff von 14,7 auf 41 Proc. gestiegen; nämlich:

	Vor d. Versuche.		Nach d. Versuche.
Stickstoff . .	10,507 Cb. Z.	—	10,507 Cb. Z.
Kohlensäure	5,700 „	—	0,370 „
Sauerstoff .	2,793 „	—	7,790 „
	19,000 Cb. Z.	—	18,667 Cb. Z.

Digitized by Google

sei, hat Boussingault[102]) vor Kurzem auf eine directe Weise nachgewiesen.

Die Fähigkeit des Sonnenlichtes, die Kohlensäure mittelst der grünen Theile der Pflanzen zu zersetzen, scheint einzelnen besondern Strahlen desselben eigenthümlich zu sein. Schon Sennebier[103]) bemerkte, dass der violette Strahl dies Vermögen in einem höheren Grade besitze als die übrigen gefärbten Strahlen. Ebenso fand Gilby[104]) später, dass der violette Strahl stärker wirke als

---

[102]) Boussingault: *Landwirthsch.* I. S. 45. „Ich richtete im Sommer 1840 einen besondern Apparat ein. Ein Ballon von 15 Liter Inhalt war mit 3 Oeffnungen versehen und eine in voller Frische stehende Weinrebe durch die untere Oeffnung eingeführt und zwar mittelst einer Kautschukröhre genau befestigt. Die Weinrebe hatte 20 Blätter. Durch den obern Röhrenansatz ging eine dünne Röhre, um das Innere des Ballons mit der äussern Luft in Verbindung zu setzen. Die seitliche Röhre stand mittelst einer eingeführten Röhre mit einem besondern Apparate in Verbindung, um den Kohlensäuregehalt der Luft mit grosser Genauigkeit zu bestimmen. Die Luft ging, ehe sie in den zuletzt angegebenen Apparat kam, durch den Ballon, in welchem der Zweig enthalten war. Die Schnelligkeit der Luft betrug, nach dem Ausflusse eines mit Wasser gefüllten Aspirators bestimmt, 15 Liter in einer Stunde. Die Blätter wurden dem Lichte ausgesetzt und der Versuch dauerte von 11 bis 3 Uhr. Bei dem einen Versuch fand sich, nachdem alle Correctionen angebracht waren, dass die atmosphärische Luft nach ihrem Durchtritt durch den Ballon 0,0002 Kohlensäure enthielt; die Luft, welche zu derselben Zeit in der Nähe des Apparates aufgefangen wurde, enthielt 0,00045. Bei einem andern Versuche fand sich der Kohlensäuregehalt der Luft nach dem Austritt aus dem Ballon zu 0,0001, in der Luft der Umgebung = 0,0004. Es verlor also die Luft bei dem ersten Versuche durch Einwirkung der dem Sonnenlicht ausgesetzten Blätter $\frac{3}{4}$, bei dem zweiten $\frac{3}{5}$ ihres Kohlensäuregehaltes. Die Versuche während der Nacht ergaben die entgegengesetzten Resultate; dann enthielt die Luft bei dem Austritt aus dem Apparate im Allgemeinen noch einmal so viel Kohlensäure als die umgebende Atmosphäre. Nach derselben Methode sollte man nach meiner Meinung die Phänomene der Respiration bei den Pflanzen untersuchen. Die hier mitgetheilten Versuche beweisen also, dass die Blätter wirklich die Kohlensäure der Atmosphäre zersetzen, und es erklärt sich hieraus auch das unter den Landwirthen bekannte Gesetz, dass nämlich bei bewegter und stets neu zugeführter Luft die Pflanzen grössere Fortschritte im Wachsthum machen als bei ruhiger."

[103]) Nach einer Anmerkung der Redaction (Gay-Lussac) zu der Abhandlung Gilby's; Ann. de Ch. et de Ph. XVII. p. 71 u. 72. „Ich glaube mich zu erinnern, dass die Entdeckung der Eigenschaft des violetten Lichtstrahles, die Kohlensäure schneller zu zersetzen als die andern gefärbten Strahlen, sich schon in den Werken von Sennebier findet; aber ich weiss nicht, ob dieser berühmte Naturforscher, wie Gilby, die Differenzen bemerkt hat, die abhängig sind von der Menge der Kohlensäure in dem Gase, welches der vereinigten Einwirkung der Pflanze und des Lichtes unterworfen wird." Vgl. Sennebier's *Abhandlungen über den Einfluss des Lichtes auf die Pflanzen*, Th. II. S. 97.

[104]) W. H. Gilby: *Ueber die Respiration der Pflanzen* (Phil. Journ. d'Edinburgh, 1821. No. VII), Ann. de Ch. et de Ph. XVII. 64—71. Es wurden in drei Flaschen, deren Capacität genau $3\frac{1}{2}$ Cb. Z. war,

Digitized by Google

der rothe, dass man dieses aber nur bemerken könne, wenn eine bedeutende Quantität Kohlensäure zugegen sei, so dass von dieser noch eine hinlängliche Menge nach dem Versuche unzersetzt zurückbleibe. Endlich hat auch vor Kurzem Draper[105]) diese Untersuchungen wieder aufgenommen und zum Gegenstande ausführlicherer Beobachtungen gemacht. Die Versuche beschränkten sich jedoch auf die Einwirkung der grünen Grasblätter und der verschiedenen Lichtstrahlen des Spectrums auf die in Wasser aufgelöste Kohlensäure; es zeigte sich, dass nur das orangene, gelbe und grüne Licht, namentlich das gelbe, die Entwickelung eines Gases und somit die Zersetzung der Kohlensäure veranlassen, dass diese Zersetzung daher von den Lichtstrahlen selbst bewirkt werde

---

$\frac{1}{10}$ Cb. Z. Gras gebracht und die atmosphärische Luft derselben mit Kohlensäure vermischt; dann sorgfältig verschlossen, wurde die eine dieser Flaschen in eine durchscheinende Lakmuslösung, die in einer Glasglocke enthalten war, hineingesenkt, die zweite in eine klare Infusion von Rosen und die dritte in reines Wasser. Diese Glocken wurden darauf 4 bis 5 Stunden lang der Einwirkung der Sonne ausgesetzt. Es zeigte sich, wenn die in den Flaschen enthaltene Luft nicht mehr als 20 bis 25 Proc. Kohlensäure enthielt, dass sie in allen Glocken dieselbe Veränderung erlitt, indem die ganze Menge dieser Säure, ausser 2 bis 3 Proc., sich in Sauerstoffgas verwandelte. Wenn die Menge der Kohlensäure grösser war (etwa 40 bis 50 Proc.), so fand man beständig mehr Sauerstoff in den Flaschen, die mit Lakmuslösung oder mit reinem Wasser bedeckt waren, als in derjenigen, welche das Licht durch die rothe Roseninfusion erhielt. Z. B. Am 5. Juli wurden die 3 Glocken mit den 3 Flaschen dem Sonnenlichte ausgesetzt; die Luft der Flaschen bestand aus 43,00 Kohlensäure, 11,97 Sauerstoff und 45,03 Stickstoff; nach 4 Stunden zeigte die Analyse:

	Flasche in der rothen Auflösung.		In d. violetten Auflösung.		In d. reinen Wasser.
Kohlensäure . .	19,5	—	12,5	—	12,0
Sauerstoff . . .	29,5	—	36,5	—	37,0
Stickstoff . . .	51,0	—	51,0	—	51,0.

Die scheinbare Vermehrung des Stickstoffs beruht darauf, dass ein Theil der Kohlensäure von den Blättern absorbirt ist und zurückgehalten wird.

[105]) *Ueber die Zersetzung des Kohlensäuregases und der kohlensauren Alkalien durch das Sonnenlicht* (Lond. Ed. and Dubl. ph. Mag., Sept. 1843. p. 161), J. f. pr. Ch. XXXI. 21—39. Draper hat Versuche angestellt über die Einwirkung der verschiedenen Lichtstrahlen des Spectrums auf die Zersetzung der Kohlensäure mittelst der grünen Blätter. Sieben Glasröhren wurden mit kohlensaurem Wasser gefüllt, in den obern Theil einer jeden dieselbe Anzahl von Grashalmen gebracht, die vorher vollständig von allen anhängenden Luftblasen befreit waren und ein rein grünes Ansehen hatten. Die pneumatische Wanne wurde so gestellt, dass das Sonnenspectrum, durch einen Heliostat bewegungslos erhalten, durch ein Flintglasprisma in horizontaler Richtung zerstreut auf die Röhren fiel. Wenn die Wanne dem Prisma näher gebracht oder weiter von demselben entfernt wurde, so konnte man bewirken, dass die verschiedenen gefärbten Räume nach Belieben auf die umgekehrten Röhren fielen. Der Lichtstrahl hatte ungefähr drei Viertel Zoll im Durchmesser. Einige Minuten nach dem Anfange des Versuches begannen die Röhren, auf welche das orangene, gelbe und

Digitized by Google

und die Wärmestrahlen (die grösste Wärme in dem bei diesen Versuchen angewendeten Prisma ist jenseits des rothen Strahles)

---

grüne Licht fiel, kleine Gasblasen auszugeben, und in anderthalb Stunden war eine Menge gesammelt, welche zu genauem Messen hinreichte.

Erster Versuch.		Zweiter Versuch.	
Name des Strahles.	Gasvolumen.	Name des Strahles.	Gasvolumen.
Aeusserstes Roth	0,33	Aeusserstes Roth u. Roth	0,00
Roth und Orange	20,00	Roth und Orange	24,75
Gelb und Grün	36,00	Gelb und Grün	43,75
Grün und Blau	0,10	Grün und Blau	4,10
Blau	0,00	Blau	1,00
Indigblau	0,00	Indigblau	0,00
Violett	0,00	Violett	0,00.

Hieraus folgt, dass die Strahlen, welche die Zersetzung des Kohlensäuregases bewirken, dieselbe Stelle im Spectrum haben, wie der orangene, der gelbe und der grüne Strahl, indem die andern keine merkliche Wirkung äussern. Da dies der Fall ist, so müssen wir erwarten, dass, wenn man einen Strahl durch absorbirende Medien von der Beschaffenheit leitet, der äusserste rothe, der blaue, der indigblaue und der violette absorbirt werden, diese Zersetzung dessenungeachtet erfolgen sollte. Eine Lösung von doppelt-chromsaurem Kali erfüllt beinahe diese Bedingungen und sie absorbirt nicht allein die in Rede stehenden Lichtstrahlen, sondern auch alle tithonischen Strahlen, ausgenommen eine Spur derer, welche dem brechbareren gelben und dem weniger brechbaren grünen Strahle entsprechen. — Vergleicht man das im ungehinderten Lichte, das unter doppelt-chromsaurem Kali und das unter schwefelsaurem Kupferoxyd-Ammoniak entwickelte Gas, so erhält man folgende Resultate:

Ungehindertes Licht	4,75
Doppelt-chromsaures Kali	4,25
Schwefelsaures Kupferoxyd-Ammoniak	0,75.

Betrachtet man die prismatische und die absorbirende Analyse zusammen, so ergeben sich folgende Thatsachen: 1) Die Stelle, wo die höchste Einwirkung im Spectrum stattfindet, entspricht dem höchsten Grade der Erleuchtung; 2) an der Stelle der grössten Wärme (welche in dem hierbei gebrauchten Prisma jenseit des rothen Strahles ist) findet keine Zersetzung Statt. Dies scheint daher den Einfluss der Wärme auszuschliessen; 3) da der Punkt der höchsten Wirkung der tithonischen Strahlen, welche der Absorption durch das doppelt-chromsaure Kali entgehen, nach dem grünen Strahle zu liegt, so stimmt er nicht mit der Stelle der stärksten Zersetzung, welche der gelbe Strahl ist, überein. Dies scheint die tithonischen Strahlen auszuschliessen. 4) Da die Zersetzung fast ebenso kräftig unter dem doppelt-chromsauren Kali wie in den ungehinderten Sonnenstrahlen stattfindet und dieses Salz Alles, ausgenommen eine blosse Spur von den tithonischen Strahlen, absorbirt, so müsste, wenn die Wirkung von ihnen herrührte, dieselbe in einem Grade verzögert werden, welcher ihrem Verluste durch Absorption entspricht, was keineswegs der Fall ist, indem die Verzögerung, welche man beobachtet, vielmehr dem Verluste an Licht scheint beigemessen werden zu können, welche durch die Zurückwerfung von den Flächen der Wanne und der theilweise trüben Beschaffenheit ihrer Gläser und Auflösungen entsteht.

Aus diesen Gründen kann man schliessen, dass die Zersetzung der

Digitized by Google

wie auch die tithonischen Strahlen (die höchste Wirkung derselben liegt nach dem grünen Strahle zu, welches nicht mit der Stelle der stärksten Zersetzung, die der gelbe Strahl ist, übereinstimmt) keinen Theil an dem Phänomen haben. Das unter der angeführten Einwirkung entwickelte Gas besteht niemals aus reinem Sauerstoffgase, sondern enthält immer eine grössere oder geringere Menge Stickstoff und auch wohl Kohlensäure beigemengt.

Draper [106]) hat ferner die Zersetzung verschiedener kohlensaurer Salze durch gleichzeitige Einwirkung der Blätter und des Sonnenlichtes beobachtet und z. B. beim doppelt-kohlensauren

---

Kohlensäure durch die Blätter der Pflanzen von den Lichtstrahlen bewirkt wird, und dass die Wärmestrahlen und die tithonischen Strahlen keinen Theil an dem Phänomen haben. Daher haben die Lichtstrahlen, wie schon vorher erwähnt wurde, ebenso viel Anspruch auf die Benennung chemischer Strahlen wie die, welche bisher diesen Namen führten.

Das gesammelte Gas ist nicht reiner Sauerstoff, sondern ein Gemenge von Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure. Hauptsächlich muss die Aufmerksamkeit auf das Verhältniss der beiden ersteren gelenkt werden, indem die Menge des letzteren bei verschiedenen Versuchen immer veränderlich ist.

Analyse der aus kohlensaurem Wasser durch die Sonne entwickelten Luft.

Versuch.	Name der Pflanze.	Sauerstoff.	Stickstoff.
1.	*Pinus taeda*	16,16	8,34
2.	desgl.	27,16	13,84
3.	desgl.	22,33	22,67
4.	*Poa annua*	90,00	10,00
5.	desgl.	77,90	22,10.

Diese Tabelle enthält nur einige von einer grossen Menge Versuche, von denen alle als Beispiele der Bemerkungen gelten konnten, die sich daraus ableiten lassen. 1) Sie kommen alle in der Hinsicht überein, dass sich der Sauerstoff niemals ohne gleichzeitiges Erscheinen des Stickstoffs entwickelt; 2) dass, wenn gewisse Blätter angewandt werden, wie die der *Pinus taeda*, ein sehr einfaches Verhältniss zwischen dem Sauerstoffvolumen und dem Stickstoffvolumen stattzufinden scheint.

[106]) Draper a. a. O. S. 33. „Nachdem man destillirtes Wasser gekocht hat, um alles Gas auszutreiben, löse man darin eine geringe Menge von doppelt-kohlensaurem Natron auf. Man bringe einige Grasblätter in eine Proberöhre, fülle die Röhre mit der Salzlösung, welche noch einmal gekocht worden ist, um jede Luft, die es von dem sich auflösenden Salze erhalten haben mag, auszutreiben, und stelle die Röhre umgekehrt in eine Auflösung in einem Weinglase, nachdem man zuvor sorgfältig alle anhängenden Luftblasen von den Blättern durch ein Stück Draht oder auf eine andere angemessene Weise entfernt hat. Wenn man den auf diese Weise eingerichteten Apparat im Dunkeln lässt, so erleidet die Auflösung keine Veränderung; bringt man sie aber in den Sonnenschein, so entwickeln sich schnell Gasblasen und während einiger Stunden ist die Röhre halb voll. Dieses Gas beweist durch sein Detoniren mit Wasserstoff seinen reichen Gehalt an Sauerstoff u. s. w."

Digitized by Google

Natron bemerkt, dass der Process nicht allein auf die Entfernung und Zersetzung des zweiten Atoms der Kohlensäure beschränkt sei, sondern vorwärts schreite, indem das erste Atom selbst auf gleiche Weise zersetzt werde, und wenn man daher einfach-kohlensaures Natron statt des doppelt-kohlensauren Salzes anwendet, so soll nach ihm die Entwickelung des Sauerstoffgases ganz auf dieselbe Weise erfolgen. Bei Anwendung des anderthalb-kohlensauren Ammoniaks erhielt Draper bei zahlreichen Versuchen ein Gas, welches oft mehr als 90 Procent Sauerstoff enthielt. Die Ungenauigkeit dieser von Draper angestellten Versuche und der aus ihnen gezogenen Schlussfolgerungen, wie auch die völlige Unrichtigkeit der noch merkwürdigeren, von Schultz [107]) aufgestellten Behauptung, dass die grünen Pflanzentheile die Fähigkeit hätten, im Sonnenlichte die vegetabilischen und mineralischen Säuren zu zersetzen und aus ihnen Sauerstoffgas zu entwickeln, — ist

---

[107]) *Ueber Respiration der Pflanzenblätter*, von Dr. C. C. Grischow; J. f. pr. Ch. XXXIV, 163 ff. (Vgl. des Verf. „*Beiträge zur chemischen Kenntniss des Pflanzenlebens.* Leipzig 1819" und Schweigg. XXXI. S. 449 ff.) In einer jüngst erschienenen Schrift: „*Die Entdeckung der wahren Pflanzennahrung. Mit Aussicht zu einer Agriculturphysiologie.* Von Dr. C. H. Schultz, ord. Prof. a. d. Universität zu Berlin. 1844" sind, auf Folgerungen aus neuen Versuchen über die Respiration der Pflanzen, so sinnreiche wie gewagte Hypothesen über die nächsten Vorgänge bei der Ernährung der Pflanzen erbaut. In diesen Versuchen wurden Pflanzenblätter unter verschiedenen Flüssigkeiten, vorzugsweise unter gekochtem destillirtem oder Regenwasser, welches zuvor mit mancherlei Substanzen versetzt worden, dem Sonnenlichte ausgesetzt. Unter solchem mit Mineralsäuren, Pflanzensäuren, sauren pflanzensauren Salzen, Zucker, Milchzucker, Dammerdeauszug u. dgl. m. vermischten Wasser haben die Blätter nicht nur reines Sauerstoffgas entwickelt, sondern die Säuren, selbst die Salze, sollen dabei zum Verschwinden gebracht sein. Durch Salze, vorzüglich Salmiak und Salpeter, soll die Sauerstoffaushauchung sehr befördert worden sein. Ferner sollen die Pflanzen beim Aufsaugen jener Stoffe auf dieselben wirken, wie der Magen und der Darmcanal der Thiere auf die Speisen. Die Pflanzenblätter, in Wasser liegend, worin Rohrzucker oder Milchzucker gelöst, haben jenen zunächst in Traubenzucker, demnächst, ebenso wie den Milchzucker — in Stärkegummi verwandelt, nicht minder inzwischen den Milchzucker in Milchsäure, und diese wiederum unter Entwickelung von Sauerstoffgas zersetzt. — Obigen neuen Versuchen entnahm der Verf. (Schultz) unter andern auch noch folgende Schlüsse:

Die Blätter bilden unter gekochtem destillirtem Wasser im Finstern eine Menge Kohlensäure, die sich luftförmig über dem Wasser sammelt. — Dass die Pflanzen auch ohne eingenommene Kohlensäure Sauerstoffluft aushauchen können, sei keine Frage; sei aber jene nicht die Quelle des ausgehauchten Sauerstoffgases, so müssen sich andre Stoffe in der Pflanze finden, die es entwickeln. Die grünen Pflanzentheile sollen sämmtlich die Fähigkeit besitzen, die meisten vegetabilischen und mineralischen Säuren zu zersetzen, und diese wiederum besonders es sein, aus welchen jene Pflanzentheile das Sauerstoffgas im Lichte entwickeln, während im gewöhnlichen Laufe sehr wenig oder gar keine Kohlensäure zersetzt werde.

Digitized by Google

bereits von Grischow [108]) nachgewiesen worden. Durch die Versuche des Letztern hat sich bewährt, dass lebende Pflanzenblätter unter reinem, von Luft freiem Wasser, das geringe Mengen von kohlensauren Alkalien, oder von Zucker, Zucker und Salmiak,

---

[108]) Grischow: *Ueber Respiration der Pflanzenblätter*, J. f. pr. Ch. XXXIV. S. 170 u. ff. Die Behauptungen Draper's wurden durch folgende Versuche widerlegt: 1) „Mit destillirtem, möglichst luftfreiem Wasser ward ein weitmündiger weisser Stöpselhafen gefüllt und nun vollkommen kohlensaures Natron zugesetzt; 12976 Gran Wasser enthielten 6,5 Gran dieses Salzes, also nahe $\frac{1}{2000}$. In das völlig angefüllte Glas legte ich nun theils Blätter, theils beblätterte Zweige (von *Cytis. Laburn.*, *Syringa Persica*, *Ligustr. vulg.*, *Poa ann.* und *trivial.*, *Tritic. rep.*, *Bellis perenn.*, *Valertana rubra*, *Phlox mac.*, *Iris Sibir.* u. a.) in dem Verhältnisse hinein, dass alle mehr oder etwas weniger vom Lichte getroffen werden konnten. Das Abkehren der gemeinen Luft ward mit besonderer Vorsicht durch Schütteln und mittelst eines feinen Pinsels bewerkstelligt. Durch Einschieben des Stöpsels, Umkehren des Glases und theilweises Einsenken in reines Wasser konnte nun diese Vorrichtung sehr bequem gesperrt werden. Sie ward dem Sonnenlichte ausgesetzt. Stundenlang hatte es schon gewirkt: *Luftentwickelung fand nicht Statt.* Im Verlaufe des Tages zeigte sich nur hier und dort ein Bläschen atmosphärische Luft, die aller Sorgfalt ungeachtet nicht entfernt worden war. *Keine Blase Luft an solchen Blättern, an welchen Wasser mit Leichtigkeit zerfliesst.* 2) Der vorstehende Versuch wurde mit der Abänderung wiederholt, dass man die Pflanzenblätter mit Wasser umgab, welches $\frac{1}{500}$ Natron-Bicarbonat — in einem andern Falle 0,001 Kali-Bicarbonat — enthielt. Der nämliche verneinende Erfolg. 3) Derselbe Versuch, mit $\frac{1}{500}$ anderthalb-kohlensaurem Ammoniak statt des Natronsalzes wiederholt, gab ebensowohl denselben Erfolg. 4) Versuch 1 wurde nun aber wiederholt mit dem Unterschiede, dass 5 Gran Natron-Bicarbonat in der einen Hälfte des Wassers gelöst wurden, in der andern dagegen 9 Gran krystallisirte Weinsteinsäure. Durch Vermischen beider Lösungen hatte ich nun eine Flüssigkeit dargestellt, welche freie Kohlensäure enthalten musste. Unter diesem, in Sonnenschein gestellten, extemporirten kohlensauren Wasser begannen die Blätter (die 1,2 Cb. C. Raum einnahmen) sofort und ohne Unterlass Stundenlang lebhafte Luftentwickelung, die bei Unterbrechung des Versuches gegen Abend 3 Cb. C. Luft geliefert hatte, aus Sauerstoffgas bestehend, mit nur 22 Volumproc. Stickstoff." — „Woher nun aber so viel und so grosse Irrthümer oder Fehlschlüsse bei allen den von Draper und Schultz angestellten Versuchen? — Sie beruhen offenbar grösstentheils auf Nichtkenntniss oder Nichtbeachtung der luftartigen Beimischungen des verwendeten Wassers oder der statt dessen verwendeten Flüssigkeiten, z. B. der Molken, des trüben Zuckerwassers, Brühen u. s. w., die theils absorbirtes Sauerstoffgas, theils — und vorzüglich — Kohlensäure in um so reichlicherer Menge gewisslich enthielten, je ergiebiger in jenen Versuchen die Ausbeute war an im Lichte entwickeltem Sauerstoffgas. Wenn Draper von seinem zu den Versuchen gebrauchten, Natron-Carbonat enthaltenden Wasser ausdrücklich bemerkt, es habe keine andere, namentlich keine gasartige Substanz ausser dem aufgelösten Salze enthalten, so muss ich diese Behauptung für irrig erklären, wenn Grasblätter unter diesem Wasser Sauerstoffgas entwickelt haben; es wären denn, was freilich wohl kaum anzunehmen, die verwendeten Grasblätter ungewöhnlich reich gewesen an Säure, die, zum Theil ausgetreten in das Wasser, Carbonat zersetzt, d. h. Kohlensäure frei gemacht hätte."

Digitized by Google

Salzsäure oder andern Stoffen enthält, in einiger Zeit — z. B. in einem Tage — sichtbar keine zersetzende Einwirkung auf diese Körper ausüben, und dass letztere nicht im geringsten die hier besonders in Betracht liegende Sauerstoffgas-Aushauchung zu bewirken vermögen. Noch heute steht es fest, dass *Pflanzenblätter Sauerstoffgas im Lichte nur dann entwickeln, wenn freie Kohlensäure in ihrer Umgebung sich befindet.*

Es geht also aus den zahlreichen Versuchen, von denen wir im Vorhergehenden eine Uebersicht gegeben haben, hervor, dass die Blätter durch die ihnen eigenthümlichen Functionen hauptsächlich das Wachsthum und Gedeihen der Pflanzen bedingen und befördern, und dass die Vegetation um so schneller vor sich geht, je länger die Pflanzen dem Einflusse des Lichtes ausgesetzt sind, je mehr Kohlenstoff also sie während des Tages aus der Luft aufnehmen und assimiliren können und je weniger Kohlensäure sie während der Nacht wiederum auszuhauchen genöthigt sind [109]). Von allen Naturkundigen, auch von denjenigen, die dem Humus ein directes Ernährungsvermögen zuschreiben, wird gegenwärtig anerkannt, dass die Kohlensäure der atmosphärischen Luft die Hauptquelle darbietet, aus welcher die Pflanzen ihren Kohlenstoff schöpfen; dieser der Atmosphäre entzogene Kohlenstoff wird durch das Athmen der Thiere und die auf der Oberfläche der Erde Statt habenden Verbrennungs- und Fäulnissprocesse, sowie durch Ausströmung aus dem Innern der Erde in vulkanischen Gegenden fortwährend derselben wieder zugeführt, und das beobachtete constante Mischungsverhältniss der atmosphärischen Luft ist eine Folge dieser Wechselwirkung zwischen dem thierischen und vegetabilischen Leben, sowie der beständigen verticalen und horizontalen Bewegungen der Luft, welche die auf die angeführte Weise eintretenden Störungen in der Zusammensetzung der Atmosphäre im nächsten Augenblicke wieder ausgleichen, so dass wir die durch die fortdauernde Absorption und Aushauchung der Kohlensäure und des Sauerstoffgases immer stattfindenden Veränderungen in den Mengenverhältnissen der Bestandtheile unserer Atmosphäre, selbst mit Hülfe unserer schärfsten Instrumente, zu verfolgen und nachzuweisen nicht im Stande sind. So gering die Menge der in einem bestimmten Volumen Luft enthaltenen Kohlensäure auch sein mag, sie reicht

---

[109]) Berzelius: *Lehrbuch der Chemie*, 3. Aufl. Bd. VI. S. 89. 1837. „Je länger die Pflanzen den Einfluss des Lichtes geniessen, um so mehr Kohlenstoff nehmen sie aus der Luft auf, und je kürzer die Nacht ist, um so weniger Kohlenstoff geben sie während der dunklen Zeit wieder an die Luft zurück, und um so schneller geht die Vegetation vor sich. Deshalb gehen alle Processe des Pflanzenlebens im Norden mit einer Schnelligkeit vor sich, wie man sie in wärmeren Ländern, wo die Länge des Tages die der Nacht wenig übertrifft, nicht kennt. Bei der nördlichen Mitternachtssonne durchläuft das Pflanzenleben in 6 Wochen dieselben Perioden, wozu es im schönen Italien 4 bis 5 Monate bedarf."

Digitized by Google

doch vollständig aus, die ganze auf der Erdoberfläche befindliche Vegetation mit der nöthigen Nahrung zu versorgen [110]); und aus den bereits angeführten directen Versuchen Boussingault's [111]), wie aus den Berechnungen Liebig's [112]) ersehen wir, mit welcher

---

[110]) Liebig: *Agriculturchemie*, 5. Aufl. S. 22. „Man weiss, dass auf jedem hessischen Quadratfuss der Oberfläche der Erde eine Luftsäule ruht, welche 1295 Pfund hessisch wiegt; man kann mit der grössten Genauigkeit das Gewicht der Atmosphäre berechnen; der tausendste Theil dieses Gewichtes ist Kohlensäure, welche etwas über 27 Proc. Kohlenstoff enthält. Aus dieser Berechnung ergiebt sich nun, dass die Atmosphäre 2800 Billionen Pfd. Kohlenstoff enthält, eine Quantität, welche mehr beträgt als das Gewicht aller Pflanzen, der bekannten Stein- und Braunkohlenlager auf dem ganzen Erdkörper zusammengenommen. Dieser Kohlenstoff ist also mehr als hinreichend, um dem Bedarf zu genügen. Der Kohlenstoffgehalt des Meerwassers ist verhältnissmässig noch grösser."

[111]) Boussingault; siehe S. 258 Anmerk. 102.

[112]) Liebig a. a. O. S. 23. „Nehmen wir an, dass die Oberfläche der Blätter und grünen Pflanzentheile, durch welche die Absorption der Kohlensäure geschieht, doppelt so viel beträgt als die Oberfläche des Bodens, auf dem die Pflanze wächst, was beim Wald, bei den Wiesen und Getreidefeldern, die den meisten Kohlenstoff produciren, weit unter der wirklichen thätigen Oberfläche ist; nehmen wir ferner an, dass von einer zwei Fuss hohen Luftschicht, die über einem Morgen schwebt, von 80000 Cubikfuss also, in jeder Zeitsecunde, 8 Stunden täglich, der Luft 0,00067 ihres Volumens oder $\frac{1}{1000}$ ihres Gewichts an Kohlensäure entzogen wird, so nehmen diese Blätter in 200 Tagen 1000 Pfd. Kohlenstoff auf." — „Wie viel Kohlensäure der Luft in einer gegebenen Zeit entzogen werden kann, giebt folgende Rechnung zu erkennen: Bei dem Weissen eines kleinen Zimmers von 105 Meter Fläche erhält es in 4 Tagen 6 Anstriche mit Kalkmilch, es wird ein Ueberzug von kohlensaurem Kalk gebildet, zu welchem die Luft die Kohlensäure liefert. Nach einer genauen Bestimmung erhält ein Quadratdecimeter Fläche einen Ueberzug von kohlensaurem Kalk, welcher 0,732 Grm. wiegt. Obige 105 Meter sind mithin bedeckt mit 7686 Grm. kohlensaurem Kalk, welche 4325,6 Grm. Kohlensäure enthalten. Das Gewicht eines Cubikdecimeters Kohlensäure zu 2 Grm. angenommen (er wiegt 1,97978 Grm.), absorbirt mithin obige Fläche 2,193 Cubikmeter Kohlensäure in 4 Tagen. — Ein Morgen Land = 2500 Quadratmeter würde bei einer gleichen Behandlung in 4 Tagen 51¼ Cubikmeter Kohlensäure = 3296 Cubikfuss Kohlensäure absorbiren, in 200 Tagen würde dies 257 Cubikmeter = 164,800 Cb. F. = 10,300 Pfd. Kohlensäure = 2997 Pfd. Kohlenstoff, also etwa dreimal mehr betragen, als die Blätter und Wurzeln der Pflanzen, die auf diesem Boden wachsen, wirklich assimiliren."

Wir können hier bei Gelegenheit der Mittheilung dieser und besonders der in der Anmerk. 110 angeführten Berechnungen Liebig's nicht unterlassen, auf einen ganz vor Kurzem (am 4. März 1847) in der „*Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde*" zu Bonn von G. Bischof gehaltenen und in der *Kölnischen Zeitung* Nr. 70 (11. März 1847) mitgetheilten Vortrag aufmerksam zu machen, und führen deshalb den Bericht über denselben wörtlich an: — „Hierauf zeigte der Redner, dass die 2800 Billionen Pfund Kohlenstoff, welche in der Kohlensäure der Atmosphäre enthalten sind, wenn man sie sich über die ganze Erde verbreitet denkt, eine Schicht von kaum einer Linie Mächtigkeit bilden würde, und wie demnach Liebig's

Digitized by Google

Schnelligkeit die Pflanzen die geringe, aber in jedem Augenblicke durch die beständig in der Luft stattfindenden Bewegungen sich

---

Annahme, dass jene 2800 Bill. Pfund Kohlenstoff mehr betragen sollen, als das Gewicht aller Pflanzen, der Stein- und Braunkohlenlager auf dem ganzen Erdkörper zusammengenommen, ein grosser Irrthum sei. Selbst wenn man sich denke, dass in der Schöpfungsperiode die 21 Proc. Sauerstoffgas, welche unsere heutige Atmosphäre enthält, von zersetzter Kohlensäure herrühren, so würde der dadurch abgeschiedene Kohlenstoff doch nur eine um die ganze Erdoberfläche in Gedanken gezogene Schicht von 2¼ Fuss Mächtigkeit bilden. Wenn, fuhr der Vortragende fort, ein geologisches Geschwornen-Gericht constituirt würde, welchem man die Frage vorlegte, ob diese Menge Kohlenstoff, welche 331 Mal so viel betragen würde als jene Quantität, nach Liebig's Angabe, als ein Aequivalent für allen Kohlenstoff auf und in der Erde betrachtet werden könne, so sei er sehr zweifelhaft, ob dieses Gericht die vorgelegte Frage bejahend beantworten würde. Er würde sie wenigstens, wenn er ein Mitglied dieser Jury wäre, mit einem absoluten Nein beantworten; denn wenn man nach einem sehr mässigen Anschlage annehme, dass der in den sedimentären Formationen als Bitumen und als schwarz färbender Farbestoff enthaltene Kohlenstoff nur 0,1 Proc. betrage, und dass die Mächtigkeit aller dieser Formationen von der Grauwacke bis zu den tertiären Bildungen einschliesslich 2 Meilen ausmache: so würde dies allein eine in Gedanken um die ganze Erdoberfläche gezogene Kohlenstoff-Schicht von 46 Fuss Mächtigkeit, mithin 6620 Mal so viel geben, als Liebig annimmt. In dieser Calculation ist nicht einmal der Kohlenstoff im organischen Reiche und in den Steinkohlen- und Braunkohlenlagern eingeschlossen. Wenn man daher allen Kohlenstoff auf und in der Erde von atmosphärischer Kohlensäure ableiten und nach den herrschenden Ansichten annehmen will, dass die Pflanzen diesen Kohlenstoff abgeschieden haben, so führt dies zu der unwiderleglichen Annahme, dass das vor dem Erwachen des Pflanzenreiches in der Atmosphäre vorhanden gewesene Kohlensäuregas, dem Volumen nach, wenigstens 20 Mal so viel betragen haben müsse, als das dermalen in ihr befindliche Sauerstoffgas. Die Frage: wohin die grosse Menge Sauerstoff, welche durch die vorausgesetzte Zerlegung jener ursprünglichen Kohlensäure ausgeschieden worden, gekommen sei, beantwortete der Redner dahin, dass es einen bis jetzt unbeachtet gebliebenen, grossartigen Oxydations-Process auf Erden gebe, der notorisch noch grössere Quantitäten Sauerstoff verschlungen haben müsse. Dieser Process sei die Oxydation des in den krystallinischen Gesteinen so sehr verbreiteten Eisenoxyduls. Er zeigte, dass ein Basaltgebirge, welches 12 Proc. Eisenoxydul enthält, wenn es eine um die ganze Erdoberfläche gezogene Schicht von 191 Fuss Mächtigkeit bildete, schon hinreichen würde, durch seine allmählige Verwitterung und durch den Uebergang des Eisenoxyduls in Eisenoxyd die ganze Menge unseres Sauerstoffgases in der Atmosphäre zu absorbiren. Stammt das Eisenoxyd in der Grauwacken-Formation von zersetzten krystallinischen Gesteinen ab, war es darin als Eisenoxydul enthalten, so forderte dieser Oxydations-Process 73 Mal so viel Sauerstoff, als die dermalige Atmosphäre enthält. Nimmt man durchschnittlich für die sämmtlichen übrigen sedimentären Formationen denselben Eisengehalt und dieselbe Mächtigkeit an, wie sie die Grauwacken-Formation besitzt, so kommen wir zum 146fachen Volumen des heutigen Sauerstoffgases. Da jener Oxydations-Process des Eisenoxyduls in den krystallinischen Gesteinen unter unseren Augen noch fortschreitet und so lange fortschreiten wird, als es noch Eisenoxydul-Silicate geben wird, so ist klar, dass eine fortwährende Abnahme des atmosphärischen Sauerstoffes stattfinden

Digitized by Google

erneuernde Menge des kohlensauren Gases ihrer nächsten Umgebung zu entziehen und in sich zu assimiliren vermögen.

Die fast allgemein verbreitete Ansicht, dass die grünen Theile der Pflanzen, und namentlich die Blätter, während der Nacht die in ihrer Atmosphäre sich vorfindende Kohlensäure erst aus dem Sauerstoffe der Luft und ihrem eigenen Kohlenstoffe bilden, wird von Liebig bestritten; nach ihm ist die Kohlensäure schon fertig gebildet von den Blättern und von den Wurzeln mit dem Wasser aufgenommen worden und wird mit der Abnahme des Lichtes nicht mehr zersetzt, bleibt aber in dem Safte aufgelöst, der alle Theile der Pflanze durchdringt; in jedem Zeitmomente verdunstet mit dem Wasser aus den Blättern eine ihrem Gehalte entsprechende Menge Kohlensäure [113]). Bekanntlich absorbiren die Pflanzen während der Nacht eine beträchtliche Quantität Sauerstoff aus der sie

müsse. Liebig's als ein Axiom hingestellter Satz, dass der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre eine Grösse ist, die sich nie ändert, und dass mit dem Erscheinen der Menschen die Unveränderlichkeit des Sauerstoff- und Kohlensäuregehaltes der Atmosphäre für immer festgesetzt ist, bedarf daher einer wesentlichen Einschränkung. Uebrigens giebt es einen Process auf Erden, wodurch der Atmosphäre ununterbrochen fort Sauerstoff wieder zugeführt wird: es ist die Entwickelung unermesslicher Quantitäten von Kohlensäure an vielen Stellen unserer Erde, z. B. in den Umgebungen des Laacher Sees, in der Eifel, in Böhmen u. s. w. Diese in die Atmosphäre strömende Kohlensäure wird, wie die durch das Athmen und Verbrennen gebildete, durch die Pflanzen zersetzt, und der ausgeschiedene Sauerstoff tritt in den Luftkreis. Nach Liebig's Ansicht könnte freilich diese Kohlensäure nicht in Anschlag kommen, da sie von Braunkohlenlagern herrühren soll und deshalb, wie alle übrigen Kohlensäure-Entwickelungen, blos einen Kreislauf bilden würde. Kohlensäure, die aber, wie in den Umgebungen des Laacher Sees, aus der Grauwacken-Formation, aus der ältesten der sedimentären Bildungen kommt, kann nicht ein Erzeugniss der jüngsten Formationen, der tertiären sein. Diesem wird kein Geolog widersprechen."

[113]) Liebig a. a. O. S. 33—34. „Diese Aushauchung von Kohlensäure hat mit dem Assimilationsprocess, mit dem Leben der Pflanze ebenso wenig zu thun als die Einsaugung des Sauerstoffs. Beide stehen mit einander nicht in der geringsten Beziehung, der eine ist ein rein mechanischer, der andere ein rein chemischer Process. Ein Docht von Baumwolle, den man in eine Lampe taucht, welche eine mit Kohlensäure gesättigte Flüssigkeit enthält, wird sich gerade so verhalten wie eine lebende Pflanze in der Nacht, Wasser und Kohlensäure werden durch Capillarkraft aufgesaugt, beide verdunsten ausserhalb am Dochte wieder. (Boucherie sah aus einem frisch abgeschnittenen Strunk eines im Safte stehenden Baumes einen ungeheuren Strom von Kohlensäure sich ergiessen, welcher offenbar durch die Wurzeln aus dem Boden aufgenommen worden war [Dumas, *Leçon* p. 71].) Pflanzen, welche an einem feuchten, an Humus reichen Boden leben, werden in der Nacht mehr Kohlensäure aushauchen als andere an trockenen Standörtern, nach dem Regen mehr als bei trockener Witterung; alle diese Einflüsse erklären die Menge von Widersprüchen in den Beobachtungen, die man in Beziehung auf die Veränderung der Luft durch lebende Pflanzen, oder durch abgeschnittene Zweige davon, bei Abschluss des Lichtes oder im gewöhnlichen Tageslichte gemacht hat."

Digitized by Google

umgebenden Atmosphäre, und nach den Beobachtungen de Saussure's, Grischow's u. A. wird hierbei das Volumen der Luft sogar vermindert, woraus sich ergiebt, dass die Menge des absorbirten Sauerstoffs grösser ist als die der ausgehauchten Kohlensäure. Liebig nun betrachtet diese Sauerstoffabsorption als einen rein chemischen Process, der durch die Wechselwirkung des Sauerstoffs der Luft auf die Bestandtheile der Blätter, Blüthen und Früchte veranlasst wird; die grünen Theile der Pflanzen nämlich, welche flüchtige Oele enthalten, die sich durch Aufnahme des Sauerstoffs in Harz verwandeln, und andere, in deren Safte sich die Bestandtheile der Galläpfel befinden, oder stickstoffreiche Materien, werden mehr Sauerstoff aufnehmen als die, worin diese Bestandtheile fehlen [114]). In der Nacht findet also, nach Liebig, ein reiner Säurebildungs-, Oxydationsprocess Statt, am Tage und gegen Abend stellt sich der Process der Sauerstoffausscheidung ein; die Säure geht in Substanzen über, welche Wasserstoff und Sauerstoff im Verhältnisse wie im Wasser, oder noch weniger Sauerstoff enthalten wie in allen geschmacklosen und bittern Materien. Dieser während der Nacht in Folge eines chemischen Processes absorbirte Sauerstoff wird am Tage von den Pflanzen in grösserer Menge der Luft wieder zurückgegeben, für welche Thatsache, auf der die Verbesserung der atmosphärischen Luft durch die Vegetation der Pflanzen beruht, Liebig zunächst an die wasserstoffreichen Substanzen der Pflanzen erinnert, die den überschüssigen Wasserstoff nur durch eine Zersetzung des Wassers, also unter gleichzeitiger Freiwerdung von Sauerstoff aufgenommen haben können, und ferner als Beweis die Beobachtung anführt, dass, wenn die Oberfläche von Teichen und Gräben, deren Boden mit grünen Pflanzen bedeckt ist, im Winter gefriert und also das

---

[114]) Liebig a. a. O. S. 29. „Die Beobachtungen de Saussure's sind entscheidende Beweise für dieses Verhalten; während die *Agave americana* mit ihren fleischigen, geruch- und geschmacklosen Blättern nur 0,3 ihres Volumens Sauerstoff in 24 Stunden im Dunkeln absorbirt, nehmen die mit flüchtigem, verharzbarem Oel durchdrungenen Blätter der *Pinus abies* die 10fache, die gerbsäurehaltigen der *Quercus Robur* die 14fache, die balsamischen Blätter von *Populus alba* die 21fache Menge des von der *Agave americana* eingesaugten Sauerstoffs auf. Wie zweifellos und augenscheinlich zeigt sich diese chemische Action in den Blättern der *Cotyledon Calycina*, der *Cacalia ficoïdes* und andern; sie sind des Morgens sauer wie Sauerampfer, gegen Mittag geschmacklos, am Abend bitter." — „Das Verhalten der grünen Blätter der Eiche, Buche und Stechpalme, welche unter der Luftpumpe bei Abschluss des Lichtes getrocknet und nach Befeuchtung mit Wasser unter eine graduirte Glocke mit Sauerstoffgas gebracht werden, entfernt jeden Zweifel über diesen chemischen Process. Alle vermindern das Volumen des eingeschlossenen Sauerstoffgases, und zwar in dem nämlichen Verhältniss, als sie ihre Farbe ändern. Diese Luftverminderung kann nur auf der Bildung von höheren Oxyden, oder einer Oxydation des Wasserstoffs der an diesem Elemente reichen Bestandtheile der Pflanzen beruhen."

Digitized by Google

Wasser von der Atmosphäre völlig durch eine Schicht klaren Eises abgeschlossen ist, man während des Tages, und besonders während die Sonne auf das Eis fällt, unaufhörlich kleine Luftbläschen von den Spitzen der Blätter und kleineren Zweige sich lösen sieht, die sich unter dem Eise zu grossen Blasen ansammeln; „diese Luftblasen sind reines Sauerstoffgas, was sich beständig vermehrt; weder bei Tage, wenn die Sonne nicht scheint, noch bei Nacht lässt sich eine Verminderung beobachten. Dieser Sauerstoff rührt von der Kohlensäure her, die sich in dem Wasser befindet und in dem Grade ersetzt wird, als sie die Pflanzen hinwegnehmen; sie wird ersetzt durch fortschreitende Fäulnissprocesse der abgestorbenen Pflanzenübereste. Wenn demnach diese Pflanzen Sauerstoffgas während der Nacht einsaugen, so kann seine Menge nicht mehr betragen, als das umgebende Wasser aufgelöst enthält, denn der in Gasform abgeschiedene wird nicht wieder aufgenommen [115])." Hieran knüpfen sich ferner die Beobachtungen Aimé's u. A. über die Entwickelung einer sehr sauerstoffreichen Luft durch die Meerespflanzen, zu jeder Zeit des Jahres, im Winter sowohl als im Sommer [116]).

---

[115]) Liebig a. a. O. S. 35. Liebig führt ferner den folgenden Versuch Davy's (*Agric.-Chem.* 5. Vorlesung) an: „Davy schnitt von einer Wiese ein Stück Rasen von 4 Q. Z. und legte es in eine Porcellanschale, die in einem weiten Gefässe auf Wasser schwamm. Durch eine tubulirte Glasglocke, die er über das Ganze stürzte, sperrte er die äussere Luft von dem Grase völlig ab. Der Rasen wurde durch den Tubulus der Glocke von Zeit zu Zeit befeuchtet und dem Wasser, worauf die Schale mit dem Rasen schwamm, von Zeit zu Zeit etwas mit Kohlensäure gesättigtes Wasser zugesetzt. Das Gras vegetirte also in einem abgesperrten bekannten Volumen Luft (230 Cb. Z.), das eine gewisse Menge gasförmige Kohlensäure enthielt. Bei dem Aussetzen dieser Vorrichtung zeigte sich nun, dass das Gasvolumen in der Glocke bei gewöhnlichem Tageslichte sich vergrösserte. Nach 8 Tagen betrug die Zunahme 30 Cb. Z., und durch die Analyse fand sich, dass die Luft in der Glocke 4 Proc. Sauerstoff mehr enthielt als die Luft ausserhalb. — Man sehe ferner die trefflichen Versuche von Daubeny, *on the action of Light upon plants, and of plants upon the atmosphere. Philos. transactions, Part. I.* 1836."

[116]) Aimé: *Ueber die von den Meerpflanzen entwickelten Gasarten;* Ann. de Ch. et de Ph. III. Sér. t. II. p. 535—538. 1841. Die Entwickelung der Gasblasen scheint zu allen Zeiten des Jahres stattzufinden; sie ist allein von dem Lichte abhängig. Bei Aufgang der Sonne ist es schwierig, eine zur Analyse ausreichende Menge Gas zu sammeln, während gegen Abend, zumal wenn der Tag heiter gewesen ist, die Zahl der Gasblasen sehr beträchtlich ist. A. bemerkte, dass während der Nacht keine bestimmbare Menge Gas entwickelt werde, oder dass dasjenige, welches sich bildete, unmittelbar vom Wasser aufgelöst werden müsste. Alle untersuchten Pflanzen bedecken sich an ihrer Oberfläche, unter dem Einflusse des Sonnenlichtes, mit Luftblasen; aber mehrere, besonders die Pflanzen mit weichen Blättern, wie die Ulven, Conferven u. s. w., haben die Fähigkeit, auch in ihrem Innern Gas zu erzeugen. Das Licht vermehrt die Menge dieses innern Gases oft so sehr, dass das Blatt, welches es enthält, zerreisst; die Dunkel-

Digitized by Google

Die Ansicht Liebig's über die Assimilation des Kohlenstoffs lässt sich schliesslich in dem Folgenden kurz mit seinen eignen Worten wiedergeben: „Im Frühlinge, wo die Organe fehlen, welche die Natur bestimmt hat, die Nahrung aus der Atmosphäre aufzunehmen, wo diese Organe erst gebildet werden, sind es die Bestandtheile des Samens, welche zuerst und ausschliesslich zur Bildung der Wurzeln verwendet werden; mit jeder Wurzelfaser erhält die Pflanze einen Mund, eine Lunge, einen Magen. Von dem Augenblicke an, wo sich die ersten Wurzelfasern gebildet haben, führen sie aus der Atmosphäre, in der sie sich befinden, aus dem Boden nämlich, Nahrung zu; von dem Humus stammt die Kohlensäure her. — Ist die Pflanze völlig entwickelt, sind ihre Organe der Ernährung völlig ausgebildet, so bedarf sie der Kohlensäure des Bodens nicht mehr. In den heissen Sommermonaten, wo der Mangel an Feuchtigkeit die Zufuhr von Nahrungsstoff aus dem Boden hemmt, schöpft sie den Kohlenstoff ausschliesslich aus der Luft. In einer gegebenen Zeit steht die Zunahme einer Pflanze an Masse im Verhältniss zu der Anzahl und der Oberfläche der Organe, welche bestimmt sind, Nahrung zuzuführen [117]).“

III. Assimilation des Wasserstoffs.

Der Wasserstoff ist ebenso wenig wie der Kohlenstoff oder Stickstoff im freien ungebundenen Zustande fähig, das Wachsthum der Pflanzen zu unterhalten und ihnen als directes Nahrungsmittel

---

heit vermindert es beträchtlich, ohne jedoch es völlig verschwinden zu machen. Die Analyse gab folgende Resultate: Luft der innern Blasen, gesammelt am Morgen vor Aufgang der Sonne, = 17 Proc. Sauerstoff und 83 Stickstoff; Gas der innern Blasen, gesammelt vor Sonnenuntergang, = 36 Sauerstoff und 64 Stickstoff; Gas der äussern Blasen, gesammelt am Morgen vor Aufgang der Sonne, = 21 Sauerstoff und 79 Stickstoff, um 10 Uhr Morgens bei Sonnenlicht = 55 Proc. Sauerstoff und 45 Stickstoff. Das letztere Gas ist es, welches an der Oberfläche des Wassers, wenn dieses ruhig ist, einen Schaum erzeugt; es bildet sich in so grosser Menge, dass man sich leicht ein Liter voll verschaffen kann, wenn man die Blätter umrührt und schüttelt. — Aus diesen Analysen ergiebt es sich, dass die Zusammensetzung des Gases abhängt von der Stunde, zu welcher man das Gas sammelt, von dem Zustand des Himmels, der Jahreszeit und wahrscheinlich auch von dem Breitengrade, wo man es findet. Das von A. analysirte Gas wurde in Africa, bei Algier, in den Monaten *Juli* und *August* gesammelt, welche dort die heissesten Monate des Jahres sind. — Das innere Gas scheint aus der Substanz der Pflanzen selbst sich zu bilden; denn als ein Ulvenblatt, welches eine innere Luftblase enthielt, in einer Flasche mit ausgekochtem Meerwasser der Sonne ausgesetzt wurde, hatten sich an der Aussenfläche des Blattes keine Blasen gebildet, aber die innere Luftblase war 2½ Mal grösser geworden, als sie vor dem Versuche war.

[117]) Liebig a. a. O. S. 38 u. ff.

Digitized by Google

zu dienen. Schon Saussure bemerkte, dass in einer Atmosphäre von reinem Wasserstoffgase die Samen nicht zum Keimen gelangten, sondern in Fäulniss übergingen, während auch die meisten grünen Pflanzen in reinem Wasserstoffgase aus Mangel an Kohlensäure nur kurze Zeit lebten, mit Ausnahme der Sumpfgewächse, welche, wenn man sie nur in Berührung mit einer hinreichenden Menge Feuchtigkeit liess, auch in dieser Atmosphäre fortwuchsen und sich weiter entwickelten, ohne jedoch dass hier eine unmittelbare Absorption des Wasserstoffs bemerkt worden wäre [118]). Es muss also den Pflanzen der Wasserstoff, den wir als wesentlichen Bestandtheil derselben finden, in der Verbindung mit Sauerstoff als Wasser dargeboten worden sein.

Es ist nun klar, dass, da mehrere der Substanzen, welche die Hauptmasse der Vegetabilien bilden, den Wasser- und Sauerstoff in einem solchen Verhältnisse enthalten, wie diese im Wasser sind (z. B. die Holzfaser, der Zucker, die Stärke u. s. w.), man den Process der Assimilation des Wasserstoffs auf zweierlei Art sich vorstellen kann; nämlich so, dass von den Pflanzen der Kohlenstoff aus der Kohlensäure mit Abscheidung des Sauerstoffs der letztern aufgenommen und zu gleicher Zeit das Wasser als solches gebunden und mit dem Kohlenstoff zur Bildung organischer Substanzen verwendet werde; und auf der andern Seite in der Art, dass die Kohlensäure unzersetzt mit dem Wasserstoffe des Wassers Verbindungen eingehe und hierbei also der Sauerstoff des letztern frei werde. Beide Ansichten sind seit der ersten Begründung einer wissenschaftlichen Theorie über die Ernährung der Pflanzen vertheidigt und bestritten wor-

---

[118]) Saussure: *chem. Unters. über die Vegetation*, S. 192—194. „Die Vegetation der grünen Pflanzen unterhält sich im Wasserstoffgase fast gerade so wie im Stickgase (s. unten Anmerk. 131). Die Gewächse, welche in diesem schmachten, leiden im Wasserstoffgase, und die, welche sich in ersterem wohl befinden, kommen auch im andern gut fort. — Ich habe beständig beobachtet, dass die Sumpfgewächse, wie *Lythrum Salicaria*, *Polygonum Persicaria* u. dergl., die ich 5 oder 6 Wochen hindurch im Sonnenscheine in Wasserstoffgas vegetiren liess, darin gar kein oder äusserst wenig Sauerstoffgas zurückgelassen haben, während dass sie doch innerhalb dieses Zeitraumes beständig 15 bis 20 Mal ihr Volumen davon im Stickgase verbreiteten. Diese Wirkung kommt höchst wahrscheinlich daher, dass die Pflanzen im Wasserstoffgas nicht gänzlich alles kohlensaures Gas, welches sie daselbst bilden, verzehren können, weil eine grosse Quantität dieser Kohlensäure selbst durch das Wasserstoffgas zerlegt wird. Es erzeugt sich durch diese Zersetzung Wasser und Kohlenoxydgas *(gaz acide de carbone)*. Das Sauerstoffgas, welches sie ohne das Wasserstoffgas hätten ausstossen können, befindet sich in diesen beiden Verbindungen versteckt. — Zieht man in Betrachtung, dass die Pflanze Kohlenoxydgas gebildet hat, und dass diese Zugabe in der Luft, die der Recipient enthielt, durch ein Wachsthum an Volumen nicht sehr bemerkt worden, so findet man, dass hier eine gegenseitige Ausgleichung oder Ersatz stattgefunden hat und dass das Wasserstoffgas durch eine Wirkung der Vegetation vermindert worden ist. Es scheint nicht, als wenn die Pflanzen dieses Gas absorbirt hätten. Sie haben es verdichtet, indem sie auf eine indirecte Weise Wasser bildeten."

Digitized by Google

den; dennoch scheint man nach Saussure's Vorgange [119]) hauptsächlich der ersteren, die eine Fixirung des Wassers annimmt, ohne Zersetzung desselben, ziemlich allgemein gehuldigt zu haben, bis vor Kurzem Liebig wiederum auf das Ungenügende derselben aufmerksam gemacht und der ihr gegenüberstehenden, schon von Berthollet [120]) vertheidigten Theorie eine grössere Wahrscheinlichkeit zu vindiciren gesucht hat, während endlich Boussingault [121]) eine zwischen beiden stehende Ansicht geltend gemacht

---

[119]) A. a. O. S. 199—219. Saussure zog folgende Resultate aus den von ihm angestellten Versuchen: „Die Pflanzen eignen sich den Sauerstoff und den Wasserstoff des Wassers an und lassen es auf diese Weise seinen flüssigen Zustand verlieren. Diese Assimilation erscheint nicht eher deutlich, als wenn sie sich zu gleicher Zeit Kohlenstoff einverleiben. Das durch die Gewächse fixirte Wasser kann wahrscheinlicher Weise seinen Sauerstoff in Gasgestalt nicht eher verlieren, als nach dem Tode der Pflanze oder eines seiner Theile, bei der Gährung oder Fäulniss. — Allein in keinem einzigen Falle zerlegen die Pflanzen das Wasser auf directe Weise, indem sie sich den Wasserstoff aneignen und den Sauerstoff im Gaszustande ausstossen; sie hauchen das Sauerstoffgas blos durch unmittelbare Zerlegung der Kohlensäure aus. Die Pflanzen mit dünnen Blättern, welche mit Hülfe des reinen Wassers in einer Mischung von Sauerstoffgas und Stickgas vegetiren und dabei der successiven Einwirkung der Sonne und der Nacht ausgesetzt worden, fügen derselben kein Sauerstoffgas zu und liefern kein äusseres Anzeichen von einer directen Zersetzung von Wasser. Man kann das Sauerstoffgas, das sie in reinem Stickgase oder unter Wasser ausstossen, keiner unmittelbaren Wasserzerlegung zuschreiben, weil sie jederzeit, wenn sie sich in einem von Sauerstoffgas befreiten Aufenthaltsorte befinden, kohlensaures Gas gänzlich aus ihrer eigenen Substanz bilden. — Einige in gemeiner, von kohlensaurem Gase befreiter Luft vegetirende fleischige Gewächse (z. B. *Cactus Opuntia*) fügen dieser Atmosphäre eine Quantität Sauerstoffgas bei, die ihr Volumen mehrere Male übersteigt; allein dieses Gas kommt blos von der Entmischung des kohlensauren Gases her, welches sie in dem Sonnenlichte ganz aus ihrer eigenen Substanz bilden (wenn es gleich anfänglich dem Wasser angehört haben mag); denn setzt man in ihre Nachbarschaft eine Substanz, die geschickt ist, dieses kohlensaure Gas zu absorbiren, so geben sie dem Medium, in welchem sie Tag und Nacht hindurch vegetiren, kein Sauerstoffgas weiter zu; sie geben auch, obgleich ihre Vegetation sehr lebhaft und kräftig ist, weiter kein Anzeichen von unmittelbar zersetztem Wasser. Die ausschliessliche Eigenschaft, welche die fleischigen Gewächse besitzen, kohlensaures Gas aus ihrer eigenen Substanz zu bilden, kommt von der geringen Berührung, die ihre innern Theile mit dem sie umgebenden Sauerstoffgase haben, her."

[120]) Saussure a. a. O. S. 200.

[121]) Boussingault: *Landwirthsch.* I. S. 57 u. ff. „Man kann hier die Bemerkung nicht unterlassen, indem man sich auf die Versuche von Saussure selbst stützt, wie wenig befriedigend die von Diesem aufgestellte Ansicht über die Aufnahme des Wasserstoffs erscheint. Es würde schon schwer sein zu begreifen, wie in dem vegetabilischen Leben diese Säure gänzlich reducirt, d. h. wie ihr Kohlenstoff vollständig von den Pflanzen assimilirt werde. Die völlige Abscheidung eines Körpers, der zum Sauerstoff eine so grosse Verwandtschaft besitzt wie der Kohlenstoff, setzt mit Recht in Erstaunen. Die einfachste Vorstellung, welche sich aus den Thatsachen ergiebt, ist, dass durch die Wirkung des Sonnenlichtes, unter dem Einfluss des grünen Stoffes,

Digitized by Google

hat, nach welcher eine theilweise Zersetzung der Kohlensäure (nämlich in Kohlenoxyd- und Sauerstoffgas) unter gleichzeitiger

---

die Kohlensäure in Kohlenoxyd verwandelt wird, indem sie einen Theil Sauerstoff verliert. Eine solche Veränderung scheint den Grundsätzen der Wissenschaft mehr zu entsprechen. Man muss es jedoch eingestehen, dass die Beobachtungen ebenso wenig mit dieser Vorstellung übereinstimmen, als mit der, welche die völlige Zersetzung der Kohlensäure annimmt. In dem ersten Falle ist das Verhältniss des in Freiheit gesetzten Sauerstoffs zu gering und in dem zweiten zu gross. Die von Saussure erhaltenen negativen Resultate hinsichtlich der Trennung der Elemente des Wassers während der Vegetation sind bei Abwesenheit von Kohlensäuregas erhalten; während die Versuche, welche die Zersetzung dieses letztern Gases ergeben, nothwendiger Weise unter dem Einflusse der Feuchtigkeit Statt haben mussten. Dann aber ist es möglich, dass sich das Wasser und die Kohlensäure gleichzeitig zersetzen, und von diesem Gesichtspunkte aus kann es interessant sein, zu untersuchen, ob die Hypothese von der Verwandlung der Kohlensäure in Kohlenoxyd nicht einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit erlangen würde, wenn man bei den beobachteten Erscheinungen eine Wasserzersetzung gelten liesse. Ein Volumen Kohlenoxydgas nimmt ein halbes Volumen Sauerstoffgas auf, um 1 Vol. Kohlensäure zu bilden, und wiederum wird 1 Vol. Kohlensäuregas, wenn es sich in Kohlenoxyd verwandelt, 1 Vol. Kohlenoxydgas und ½ Vol. Sauerstoffgas geben. Bei der Annahme also, welche wir erörtern, würde für jedes während der Vegetation zersetzte Volumen Kohlensäuregas ein halbes Volumen Sauerstoffgas entbunden werden. Der Sauerstoff, der dieses halbe Volumen übersteigen würde, müsste als von dem zersetzten Wasser herrührend betrachtet werden, dessen Wasserstoff gleichzeitig mit dem aus der Kohlensäure stammenden Kohlenoxydgase von der Pflanze assimilirt worden wäre; eine Ansicht, die vielleicht einzusehen gestattet, wie das Volumen Sauerstoffgas, das sich während der Vegetation aus der Kohlensäure entwickelt, das Volumen desjenigen übersteigen kann, welches sich erzeugen müsste, wenn diese Säure wirklich in den Zustand von Kohlenoxyd übergegangen wäre. Vielleicht finden wir einen überzeugenden Beweis für die Trennung der Elemente des Wassers in der Analyse der Pflanzen, welche in einem Boden gewachsen sind, der durchaus von jeder organischen Materie, die ihnen Wasserstoff zuführen konnte, frei war. In der That, wenn eine Pflanze, die sich unter solchen Bedingungen entwickelte, Wasserstoff in einem grössern Verhältnisse enthält, als nöthig ist, um ihren Sauerstoff in Wasser zu verwandeln, so dürfen wir mit einiger Wahrscheinlichkeit daraus folgern, dass die Elemente des Wassers getrennt wurden, da der aus dem Vorhandensein des Düngers genommene Einwand gänzlich schwindet. Die weiter unten (Anmerk 126) mitgetheilten Analysen können zu dieser Untersuchung, ob in den während des Anbaues gewonnenen Stoffen der Wasserstoff sich in Beziehung zum Sauerstoff in Ueberschuss vorfindet, dienen.

	Assimil. Sauerst.	Assimil. Wasserst.	Wasser bildender Wasserst.	Ueberschüssiger Wasserst.
I. Versuch. Klee . . .	1,026	0,176	0,128	0,048
2. „ Erbsen . .	1,203	0,220	0,151	0,069
3. „ Weizen . .	0,605	0,080	0,076	0,004
4. „ versetzter Klee	0,444	0,098	0,056	0,042
5. „ Hafer . . .	0,804	0,087	0,100	— 0,013.

In den ersten 4 Versuchen übersteigt der erhaltene Wasserstoff sehr bedeutend die zur Bildung von Wasser nöthige Menge Sauerstoff. Der Hafer zeigt hiervon eine Ausnahme, aber es ist hier zu bedenken, dass das Resultat dieses Culturversuches zugleich einen Verlust an Stickstoff

Digitized by Google

Zersetzung des Wassers stattfinden könnte, so dass also der aus dem letzteren abgeschiedene Wasserstoff mit dem aus der Kohlensäure stammenden Kohlenoxydgase in Verbindung treten und in ihrer Vereinigung von der Pflanze assimilirt werden würde. Es werden sich schwerlich für die eine oder andere dieser Ansichten directe Beweise führen lassen, wenn man nicht zu Gunsten der von Liebig vertheidigten die schon von v. Humboldt, de Candolle u. A. gemachte, aber besonders durch Marcet's Versuche näher festgestellte Beobachtung [122]), dass die Pilze die Fähigkeit haben, durch die Kraft ihrer Vegetation, unter der Einwirkung des Sonnenlichtes, das Wasser, mit welchem sie übergossen sind, zu zersetzen, als solchen gelten lassen will, in welchem Processe allerdings der Sauerstoff der assimilirte Bestandtheil ist, indem der Wasserstoff frei wird und gasförmig sich ausscheidet. Es lassen sich jedoch mancherlei indirecte Gründe anführen und Betrachtungen anstellen, denen zufolge man der so eben angeführten Theorie über die Assimilation des Wasserstoffs den Vorzug geben zu müssen scheint. Zunächst ist bekannt, dass die Kohlensäure eine sehr beständige Verbindung ist und nur von wenigen der kräftigsten Agentien in seine Bestandtheile zerlegt werden kann, während das Wasser leicht sich zersetzt und wir die Trennung seiner Elemente in zahlreichen Processen zu veranlassen im Stande sind. Ausserdem ist es einleuchtend, dass die mannigfaltigen vegetabilischen Substanzen, welche entweder nur Kohlenstoff und Wasserstoff oder den letztern in grösserer Menge enthalten, als hinreichen würde, um mit dem gleichzeitig vorhandenen Sauerstoff Wasser zu bilden, wie die flüchtigen und fetten Oele, das Wachs, das Kautschuk der Pflanzen u. s. w., dass diese Stoffe nothwendig wenigstens ihren überschüssigen Wasserstoff der Zersetzung des Wassers verdanken müssen, wenn man diesen Wasserstoff nicht als aus dem Ammoniak, einer gleichfalls zur Existenz der Vegetabilien nothwendigen Substanz, herrührend sich denken will, welches jedoch nach dem Urtheil Liebig's bei den stickstofffreien Bestandtheilen der Pflanze unzulässig zu sein scheint. Die Elemente des Wassers ferner können wir in den mannigfaltigen organischen Verbindungen nur zum Theil als zu Wasser verbunden annehmen, und nur insofern dasselbe durch künstliche Mittel, als Hydratwasser, sich wieder abscheiden lässt; bei weitem die grösste Menge dieser Elemente sind auf eine eigenthümliche und mit der chemischen Beschaffenheit der Verbindung auf's Engste zusammenhängende Weise gebunden und können nur mit der völligen Zerstörung des Körpers in

---

nachweist (s. unten). Die analytischen Resultate scheinen also anzudeuten, dass während der Vegetation in Folge einer Zersetzung des Wassers, analog der der Kohlensäure und wahrscheinlich durch dieselben Ursachen erzeugt, Wasserstoff assimilirt werden kann."

[122]) Siehe oben S. 251 Anmerk. 98.

Digitized by Google

der Form von Wasser abgeschieden werden; derjenige Wasserstoff also, welcher zur Constitution der Pflanzengebilde wesentlich ist, kann unmöglich in der Form von Wasser darin enthalten sein [123]). „Die Verwesung," sagt Liebig, „ist der grosse Naturprocess, in welchem die Pflanze den Sauerstoff an die Luft wieder abgiebt, den sie im lebenden Zustande von derselben nahm. In der Entwickelung begriffen, hat sie Kohlenstoff in der Form von Kohlensäure und Wasserstoff aufgenommen, unter Abscheidung des Sauerstoffs des Wassers und von einem Theil oder allem Sauerstoff der Kohlensäure. In dem Verwesungsprocesse wird genau die dem Wasserstoffe entsprechende Menge von Wasser durch Oxydation auf Kosten der Luft wieder gebildet; aller Sauerstoff der organischen Materie kehrt in der Form der Kohlensäure zur Atmosphäre zurück. Nur in dem Verhältnisse also, in welchem die verwesenden Materien Sauerstoff enthalten, können sie in dem Act der Verwesung Kohlensäure entwickeln, die Säuren mehr als die neutralen Verbindungen; die fetten Säuren, Harz und Wachs, verwesen nicht mehr, sie erhalten sich in dem Boden ohne bemerkbare Veränderung [124])."

---

[123]) Liebig: *Agriculturchemie*, 5te Aufl. S. 44—50. — S. 49: „Der Lebensprocess in der Pflanze stellt sich unter dem bezeichneten Gesichtspunkt dar, als der Gegensatz des chemischen Processes in der Salzbildung. Kohlensäure, Wasser und Zink, mit einander in Berührung, üben eine bestimmte Wirkung auf einander aus; *unter Abscheidung von Wasserstoff* entsteht eine weisse, pulverförmige Verbindung, welche Kohlensäure, Zink und den Sauerstoff des Wassers enthält. Die lebende Pflanze vertritt in diesem Process das Zink; es entstehen in ihrem Assimilationsprocesse, *unter Ausscheidung von Sauerstoff*, Verbindungen, welche die Elemente der Kohlensäure und den Wasserstoff des Wassers enthalten."

[124]) Ueber die Menge des während der Vegetation gebundenen Wassers führen wir hier die folgenden Berechnungen Mulder's (*physiol. Chemie*, S. 740 u. ff.) an, welche er auf die Beobachtungen und Analysen Chevandier's (s. oben S. 185 Anmerk. 44) gegründet hat. „Eine Quantität von 1754 Klgr. Kohlenstoff, welche in dem Holze jener Wälder per Hectare in einem Jahre gebunden wird, enthielt in der Form von Kohlensäure, in welcher sie aufgenommen wurde, 4591 Sauerstoff; eine Quantität von 33 Klgr. Stickstoff, welche in dem Holze gefunden wurde, ist mit 7 Klgr. Wasserstoff zu Ammoniak vereinigt gewesen; das Holz enthielt nun 213 Klgr. Wasserstoff, dieser beträgt 213 — 7 = 206 Wasserstoff. Diese bedürfen, um Wasser zu bilden, 1650 Sauerstoff; es waren aber im Ganzen 1507 Sauerstoff in dem Holze enthalten. In der Voraussetzung, dass diese Pflanzen nun Wasser, Ammoniak und Kohlensäure enthalten hätten, haben wir:

gefundene Bestandtheile des Holzes

C	H	N	O
1754	213	33	1507.

C	1754	H^6	7	H^2 213 — 7 =	206
O	4591	N^2	33	O	1650
	$CO^2 = 6345$		$N^2 H^6 = 40$		$H^2 O = 1856$.

Aus $CO^2 = 6345$, $N^2 H^6 = 40$, $H^2 O = 1856$ ist dann das Holz gebildet. Die Summe des Sauerstoffs von der Kohlensäure und von dem

Digitized by Google

IV. Die Assimilation des Stickstoffs.

Es ist früher, bei Untersuchung über die Bildung und Beschaffenheit der Ackererde und deren Bestandtheile, ausführlich die Rede gewesen von den Quellen des Ammoniaks und den verschiedenen Ansichten, welche man über die Bildung desselben ausgesprochen hat. Mit Hinweisung auf die dort mitgetheilten Thatsachen und Beobachtungen werden wir uns hier allein mit der Frage zu beschäftigen haben, inwiefern die Behauptung Liebig's, dass das Ammoniak die alleinige Quelle sei, welche den Pflanzen den zu ihrem Wachsthume unentbehrlichen Stickstoff liefert, in der Natur selbst ihre Stütze oder ihre Widerlegung findet.

Durch Vegetationsversuche haben in neuerer Zeit namentlich Mulder[125]) und Boussingault[126]) gezeigt, dass die Pflanzen,

---

Wasser ist 4591 + 1650 = 6241; subtrahirt man hiervon die Quantität des Sauerstoffes, welche in die Quantität des Holzes aufgenommen wurde, = 1507, so bleibt für die Menge Sauerstoff, welche durch die Blätter ausgestossen wird, eine Quantität von 4734 Klgr. übrig; es sind in Folge dieser Versuche 1856 Klgr. Wasser von diesem Hectare Wald gebunden."

[125]) Mulder, s. oben S. 116 Anmerk. 30.

[126]) Boussingault: *Landwirthsch.* I. S. 48 u. ff. In eine Mischung von ausgetrocknetem Thone und reinem Sand, vollkommen frei von organischen Substanzen, wurden nach der Anfeuchtung dieser Mischung genau gewogene Samen gelegt, von welchen an Körnern derselben Species vorher der Verlust an Feuchtigkeit bei 110° bestimmt worden war. Die Porcellanschalen, in welche der Samen gelegt war, wurden in einen, am Ende eines grossen Gartens befindlichen, mit Glasfenstern versehenen Pavillon gesetzt. Während die Pflanzen im Wachsthum waren, blieben die Fenster hermetisch verschlossen; doch erlaubte ihre Höhe und ihre Lage, dass die Sonne das Zimmer den ganzen Tag beschien. Um die Pflanzen nach vollendetem Wachsthum herauszunehmen, trocknete man die Gefässe bei gelinder Wärme u. s. w. Die gewonnene Pflanze wurde im Trockenofen so weit gedörrt, dass man sie zerreiben konnte; die vollkommne Austrocknung wurde im Oelbade ausgeführt. Indem man nun nach der Verbrennung das Gewicht des Rückstandes bestimmte, fand man das des von allen Erden und Salzen freien Pflanzenstoffs.

Cultur des *rothen Klees* während 3 Monaten. Anfang August gesäet. Der geerntete Klee hatte ein ziemlich gutes Ansehen. Bei 110° getrocknet:

	Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst.	Stickst.
1,586 Grm. Körner n. d. Analyse	0,806	0,095	0,571	— 0,114 Grm.
4,106 „ Ernte „ „ „	2,082	— 0,271	— 1,597	— 0,156 „
2,520 = Gewinn bei d. Cultur	+ 1,276	+ 0,176	+ 1,026	+ 0,042.

Fünf Erbsen wurden am 9. Mai in geglühte und gepulverte Thonerde gelegt. Sie blühten und trugen nach 99tägiger Cultur reife Früchte, aber jede nur eine Schote mit im Ganzen 9 Erbsen. Die ganzen Pflanzen wogen 4,441.

Digitized by Google

welche in einem Boden wachsen, der frei ist von stickstoffhaltigen Substanzen, dennoch während ihrer Entwickelung eine gewisse, je

		Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst.	Stickst.
Saat	1,072 enthielten	0,515	— 0,069	— 0,442	— 0,046
Ernte	4,441 „	2,392	— 0,289	— 1,645	— 0,115
	3,369 Gewinn	1,877	0,220	1,203	0,069.

Weizen; Anfang August in ausgeglühten Sand gesäet, 3 Monate cultivirt.

		Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst.	Stickst.
Saat	1,644 enthielten	0,767	— 0.095	— 0,725	— 0.057
Ernte	3,022 „	1,457	— 0,175	— 1,330	— 0.060
	1,378 Gewinn	0,690	0,080	0,605	0,003.

„Man sieht, dass sich bei dem Weizen nach dreimonatlicher Cultur das Gewicht fast verdoppelt hat. Die Analyse giebt aber an, dass die Zunahme an Stickstoff kaum bemerkbar war, und doch ist der Versuch ebenso geleitet und unter denselben Umständen ausgeführt wie der mit dem Klee. — Die unter diesen Umständen gewachsenen Pflanzen zeigten bei weitem nicht das kräftige Wachsthum, welches sie im offenen Felde erlangt haben würden. Nach drei Monaten fand man den Klee viel weniger entwickelt als den, welcher vergleichsweise in einen mit Mist und Gips gedüngten Boden gesäet worden war. Der Weizen zeigte dieselbe Kraftlosigkeit und vom zweiten Monate an bemerkte ich, dass jedes, sich nach oben zu an dem Halme entwickelnde Blatt die am untern Theile sitzenden Blätter beeinträchtigte und gelb machte. Die Erbsen hatten, obgleich sie zur Reife gekommen waren, bei weitem kleinere Blätter; die Samen waren weder so zahlreich noch so gross als die der im Grossen angebauten Pflanze." — „Man begreift, dass eine Pflanze, die in ihrer ersten Jugend darben musste, keine vollkommene Ausbildung mehr erreichen kann. Dieses muss sich nun auch auf die Verrichtungen, welche sie in der Atmosphäre auszuüben berufen ist, übertragen, und natürlich gehen dann jene mit viel geringerer Kraft von Statten. Es war daher interessant, die vorerwähnten Versuche auf kräftig organisirte Pflanzen, die sich in einem fruchtbaren Boden entwickelt hatten, auszudehnen."

Kleepflanzen; am 28. Mai in frisch geglühten und mit destillirtem Wasser befeuchteten Sand eingesetzt. In den ersten Tagen schien die Vegetation schwach zu sein; bald darauf nahm sie eine überraschende Lebhaftigkeit an. Nach einem Monate hatte der Klee die doppelte Höhe erreicht; die Blätter zeigten die schönste grüne Farbe. Am 15. Juli stand er in voller Blüthe; am 1. August eingesammelt. Die Pflanzen im getrockneten Zustande und nach Abzug der Asche:

	Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst.	Stickst.
0,884 vor d. Anbau enthielt.	0,384	— 0,048	— 0,419	— 0,033
2,265 nach „ „ „	1,200	— 0,146	— 0,863	— 0,056
1,381 Gewinn beim Anbau	0.816	0,098	0,444	0,023.

Hafer; die Pflanzen gediehen nicht, wenn sie in unfruchtbaren Sand gesetzt wurden, wohl aber in Gartenerde oder wenn man ihre Wurzeln in destillirtes Wasser tauchen liess. Die letztere Methode wurde angewandt. Am 20. Juni der Versuch angefangen. Mitte Juli hatten die Halme ihre Länge verdoppelt und es würde schwer gewesen sein, sie von den während dieser Zeit auf dem Felde gebauten zu unterscheiden. Ende Juli waren die Aehren ausgebildet und am 10. August die Körner reif. Bei 110° getrocknet:

	Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst.	Stickst.
Die versetzte Pflanze	0,827	— 0,106	— 0,568	— 0,059
Nach dem Anbau	1,500	— 0,103	— 1,372	— 0,053
Unterschiede	+ 0,673	+ 0,087	+ 0,804	+ 0,006.

Digitized by Google

nach der Pflanze verschiedene Menge Stickstoff in sich binden und assimiliren. Es wird also zunächst zu untersuchen sein, in welcher Form dieser Stickstoff den Pflanzen zugeführt wird und zur Bildung ihrer wesentlichen Bestandtheile beitragen kann. Priestley[127]) und Ingenhouss[128]) glaubten bei der Vegetation von Pflanzen in einer eingeschlossenen Atmosphäre eine Absorption des Stickstoffs wahrgenommen zu haben; sie nahmen daher an, dass der Stickstoff unmittelbar und ohne Zwischenverbindung in die Pflanzen übergehe und von ihnen assimilirt werde. Die Unrichtigkeit dieser Beobachtung jedoch ergiebt sich aus den oben mitgetheilten Versuchen Saussure's[129]) u. A., welche beweisen, dass im Gegentheil in vielen Fällen die Menge des Stickstoffs zunimmt, sei es nun, dass diese Zunahme in einer Zersetzung der in den lebenden Pflanzen enthaltenen Stickstoffverbindungen begründet ist (Draper[130])),

---

Wenn man nun die in diesen Untersuchungen erhaltenen Ergebnisse zusammenfasst, so findet man: 1) dass der Klee und die Erbsen, in einem von Dünger gänzlich freien Boden angebauet, ausser Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff eine, durch die Analyse bestimmbare Menge Stickstoff aufgenommen haben; 2) dass der unter denselben Umständen angebaute Weizen und Hafer aus der Luft und dem Wasser ebenfalls Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff aufgenommen haben, dass aber die Analyse bei diesen Getreidearten, nachdem sie ihre Vegetation beendet hatten, keinen Zuwachs an Stickstoff hat nachweisen können.

[127]) Priestley *(Experim. and observ. on diff. kinds of airs*, Vol. III. p. 332) glaubte annehmen zu müssen, dass verschiedene Pflanzen die Eigenschaft besitzen, das Stickgas, in welchem sie sich befinden, zu absorbiren. Er hat angeführt, dass eine Pflanze vom *Epilobium hirsutum*, unter einen Recipienten von 10 Zoll Höhe und 1 Zoll Weite gebracht, innerhalb eines Monats die $\frac{1}{7}$ der atmosphärischen Luft, die selbige enthielt, absorbirt habe (Saussure: *chem. Untersuch.* S. 189).

[128]) Ingenhouss *(Expérienc. sur les végétaux*, Vol. II. p. 146) hat diese Fähigkeit auf keine so geringe Anzahl von Vegetabilien eingeschränkt; er hat bemerkt, dass alle Pflanzen, welche im Stickgase vegetirten, dasselbe in Zeit von wenigen Stunden eine merkliche Verminderung erleiden liessen (Saussure a. a. O.).

[129]) S. oben S. 221 Anmerk. 79.

[130]) Draper; J. f. pr. Ch. XXXI. 31 u. ff. „Wenn Blätter der Pflanzen unter dem Einflusse des Lichtes Kohlensäure zersetzen, so assimiliren sie allen Kohlenstoff, und eine gewisse Menge Sauerstoff verschwindet, zugleich geben sie ein Stickstoffvolumen aus, *gleich dem des consumtrten Sauerstoffs;* dieses Verschwinden des Sauerstoffs und dieses Erscheinen des Stickstoffs stehen auf diese Weise mit einander in Verbindung; sie sind äquivalente Phänomene. Man kann auf folgende Weise zeigen, dass das Ausgeben des Stickstoffs nicht blos ein zufälliges Resultat ist, sondern mit der ganzen physiologischen Wirkung in einer tief begründeten Verbindung steht. Wenn der zusammen mit Sauerstoff auftretende Stickstoff durch Diffusion von mechanisch in dem Parenchyma des Blattes eingeschlossenem Gas erhalten würde, so ist es klar — bei der Art von Operation, die hier angewandt wurde, wobei Blätter unter Wasser getaucht werden und ihnen keine Gelegenheit gegeben wird, ihre mechanisch eingeschlossene Luft wieder zu erneuern,

Digitized by Google

oder, was wahrscheinlicher zu sein scheint, dass die Pflanzen, in Folge einer Verdrängung durch den eingeathmeten Sauerstoff oder durch Kohlensäure, durch die Blätter den Stickstoff aushauchen, welcher in ihren Zellen eingeschlossen war und den sie aus der

---

wenn sie auf irgend eine Weise entzogen würde, — dass die ersten Portionen gemengten Gases, die sich entwickelten, den meisten Stickstoff enthalten, und dass der Procentbetrag immer allmählig abnehmen müsste, in dem Maasse, als er aus der Structur des Blattes entfernt würde. Dies folgt aus den Gesetzen von der Diffusion der Gase. Dies ist aber keineswegs der Fall. Es ist sehr gewöhnlich, dass sich *am Ende des Processes* mehr Stickstoff als im Anfange desselben entwickelt. So waren bei einem Versuche, bei dem sich ergab, dass sich 22,2 Proc. Stickstoff in dem ganzen Volumen befanden, die Mengen, welche in drei nach einander folgenden Perioden der Untersuchung von dem Anfange bis zum Ende des Versuches erhalten wurden:

1. Zeitraum : 21,8 Proc. Stickstoff.
2. „ 18,8 „ „
3. „ 26,0 „ „

Der Verf. schliesst daher aus diesem Resultate, dass der von den Blättern ausgegebene Stickstoff von der Zersetzung eines stickstoffhaltigen Körpers herrührt und nicht von der mechanisch in ihren Poren eingeschlossenen Luft.

Folgendes sind die durch die Versuche erhaltenen Resultate: 1) Dass der Stickstoff aus dem Gewebe des Blattes selbst kommt, weil sich mehr als drei Mal so viel bei Anwendung des doppelt-kohlensauren Natrons entwickelt, als in dem Gewebe des Blattes eingeschlossen ist, und der letztere sich durch die Luftpumpe entfernen lässt. 2) In zwölf Stunden entwickeln Blätter aus dem doppelt-kohlensauren Natron mehr als das Fünffache ihres eignen Gasvolumens. 3) Die Menge des Stickstoffs in der Zusammensetzung der Blätter ist hinreichend, allen Stickstoff zu liefern, der in dem entwickelten Gase erhalten worden ist. Aus Boussingault's Analysen erhellt es, dass sie beinahe das Zehnfache der erforderlichen Menge enthalten. 4) Die Zersetzung eines stickstoffhaltigen Bestandtheils des Blattes ist wesentlich nothwendig zu dem Auftreten des Stickstoffes, es giebt keine andere nachweisbare Quelle.

Bei den Pflanzen ist also das Verwesen eines stickstoffhaltigen Körpers innig mit der Assimilirung des Kohlenstoffs verbunden, denn der hier erwähnte Process ist eine wahre Verdauung und nicht ein Athmungsprocess. Und da es Thatsachen giebt, welche zu zeigen scheinen, dass die Primärwirkung des Lichtes nicht auf die Kohlensäure erfolgt, sondern auf das stickstoffhaltige Ferment, indem die Zersetzung des Gases als ein secundäres Resultat erfolgt, *so ist es wahrscheinlich, dass Chlorophyll der Körper ist, welcher in den Pflanzen dem Chylus der Thiere entspricht.* Der Sauerstoff, welcher während der Zersetzung der Kohlensäure verschwindet, verschwindet blos, um die Eremakausis des stickstoffhaltigen Körpers zu bewirken. Und haben nicht das Gummi, das Stärkmehl, die Holzfaser und andere kohlenstoffhaltige Bestandtheile der Pflanzen alle in dem grünen Stadium existirt und haben dasselbe durchgemacht? Es ist die Eigenschaft strahlender Substanz, die Lage der Atome und die Gruppirung der Molecüle zu bestimmen, und zu diesem Zwecke bietet die Sonne, die grosse Schöpferin, die grosse Beleberin, von Zeitalter zu Zeitalter ihre unvergänglichen Strahlen. Dass Analogien wie diese zwischen den organischen Functionen der Pflanzen und Thiere in der That existiren, können wir vernünftiger Weise annehmen. Sie sind dem allgemeinen Plane der Natur angemessen."

Digitized by Google

Atmosphäre oder aufgelöst in dem durch ihre Wurzeln eingesogenen Wasser vorher aufgenommen hatten. Saussure[131]) hat ferner schon auf den Einfluss aufmerksam gemacht, den das Ammoniak auf das Gedeihen der Pflanzen ausübt, und die Vermuthung ausgesprochen, dass diese Verbindung es sei, welche die Assimilation des Stickstoffs vermittelt. Diese von Saussure aufgestellte Vermuthung ist besonders von Liebig[132]) in neuerer Zeit einer nähe-

---

[131]) Saussure: *chem. Unters.* S. 189 u. 90. „Ich habe die Vegetation des *Eplobium hirsutum* mit vieler Sorgfalt, sowohl in reinem Stickgase, als in der atmosphärischen Luft, verfolgt und dabei die Verfahrungsart Priestley's, die er für diesen Versuch vorschreibt, angewandt. Ich habe die Experimente noch viel länger fortgesetzt; allein ich habe niemals irgend eine Verminderung des Stickgases wahrnehmen können, wenn ich das Sauerstoffgas, was sich daraus gebildet hatte, abzog. Das Nämliche erfolgte bei allen übrigen Gewächsen, die ich den nämlichen Proben unterwarf. Die Pflanzen verdichten folglich das Stickgas nicht merklich; die Versuche der Herren Woodhouse und Sennebier bestätigen diese Behauptung. — Wenn der Stickstoff ein einfaches Wesen, wenn er kein Element des Wassers ist, so muss man genöthigt werden, anzunehmen, dass die Pflanzen sich ihn nicht anders als in den vegetabilischen und animalischen Extracten und in den ammoniakalischen Dünsten aneignen, oder andere in Wasser auflösliche Zusammensetzungen, welche sie im Boden und der Atmosphäre einsaugen können, assimiliren. Man darf annehmen, dass, wenn die Pflanze mit Hülfe einer kleinen Menge reinen Wassers in einer nicht erneuten Atmosphäre vegetirt, die sich entwickelnden Theile keinen Stickstoff erlangen, als auf Unkosten dessen, welchen die andern Theile der Pflanze vor dem Versuche schon enthielten."

[132]) Liebig: *Agriculturchemie*, S. 55 u. ff. „Aus der Tension des Wasserdampfes bei 15° R. (6,98 Par. Linien) und aus dem bekannten specifischen Gewichte desselben bei 0° ergiebt sich, dass bei 15° und 28″ Barometerstand 1 Cubikmeter = 64 Cubikfuss (hess.) Wasserdampf von 15° enthalten sind in 48,1 Cubikmeter = 3081,6 Cubikfuss Luft. Wenn wir nun annehmen, dass die bei 15° völlig mit Feuchtigkeit gesättigte Luft alles Wasser, das sie in Gasgestalt enthält, tropfbarflüssig in der Form von Regen fallen lässt, so bekommen wir 1 Pfd. Regenwasser aus 2020,3 Cubikfuss Luft. Mit diesem einen Pfunde Regenwasser muss die ganze Quantität des in der Form von Gas in 2020 Cb. F. Luft enthaltenen Ammoniaks der Erde wieder zugeführt werden. Nehmen wir nun an, dass diese 2020 Cb. F. Luft nur ein einziges Gran Ammoniak enthalten, so enthalten 10 Cb. Z. Luft, die wir der Analyse unterwerfen, 0,0000048 Gran Ammoniak; diese ausserordentlich geringe Quantität ist absolut unbestimmbar in der Luft durch die feinsten und besten Eudiometer; ihre Bestimmung fiele in die Beobachtungsfehler selbst dann noch, wenn sie zehntausendmal mehr betrüge. Aber in dem Pfunde Regenwasser, das den ganzen Ammoniakgehalt von 2020,3 Cb. F. Luft enthält, muss sie bestimmbar sein; es ist klar, dass, wenn dieses eine Pfund nur ¼ Gran Ammoniak enthält, jährlich in den 2,500.000 Pfd. Regenwasser, die durchschnittlich auf 2500 □ Meter Land fallen, nahe an 80 Pfd. Ammoniak und damit 65 Pfd. reiner Stickstoff zugeführt werden. Dies würde bei weitem mehr sein als 2650 Pfd. Holz oder 2800 Pfd. Heu oder 200 Ctr Runkelrüben, die Erträge von 1 Morgen Wald, Wiese und cultivirtem Land, in der Form von vegetabilischem Eiweiss und Kleber enthalten. — Die genauesten und mit aller Sorgfalt in dem hiesigen Laboratorium angestellten Versuche haben

Digitized by Google

ren Betrachtung unterworfen worden, und dieser Chemiker hat es durch verschiedene Berechnungen, Schlüsse und directe Beobachtungen wahrscheinlich zu machen gesucht, dass in der That keine andere stickstoffhaltige Substanz als das Ammoniak den Pflanzen ihren Stickstoff in einem assimilirbaren Zustande zuzuführen im Stande ist. Es ist, nach Liebig, durch keine directe Versuche hinlänglich bewiesen, dass der freie Stickstoff der Atmosphäre Antheil nehme an dem Assimilationsprocess der Pflanzen und Thiere, da die Versuche Boussingault's und Mulder's hier nicht als genügende Beweise gelten können, indem bei Ausführung derselben die Möglichkeit des Zutritts von ammoniakalischen Dünsten nicht gänzlich ausgeschlossen zu sein scheint; auf der andern Seite ist durch zahllose Erfahrungen, welche wir später bei der Betrachtung der Wirkung des Düngers näher kennen lernen werden, bekannt, dass die günstige Entwickelung der Culturpflanzen von der Menge des ihnen im Dünger (in der Form von Ammoniak) dargebotenen Stickstoffs im hohen Grade abhängig ist, und dass namentlich, wie man z. B. aus den Beobachtungen Hermbstädt's[133]) ersehen kann, die Menge von stickstoffreichem Kleber in den Cerealien mit dem grösseren oder geringeren Ammoniakgehalte des Bodens, auf welchem diese gebaut werden, in gewisser Beziehung zu stehen scheint. Das Ammoniak ferner ist, wie kein anderer stickstoffhaltiger Körper, fähig, bei Berührung mit andern organischen Substanzen zahlreiche Metamorphosen zu erleiden, indem es in dieser Hinsicht kaum dem Wasser nachzustehen scheint, — eine Eigenschaft also, die allein schon die Ansicht rechtfertigen könnte, dass die Pflanzen nur durch Vermittelung des Ammoniaks den Stickstoff zu assimiliren vermögen. Das Ammoniak ist ausserdem die einzige stickstoffhaltige Substanz, welche den Pflanzen überall und unter allen Umständen dargeboten wird, denn es bildet, nach Liebig, einen constanten Bestandtheil der Atmosphäre; es wird mit jedem Regen dem Ackerboden und somit den Wurzeln der Pflanzen zugeführt, und fortwährend und in jedem Momente erzeugt es sich wieder durch Fäulniss und Verwesung thierischer und vegetabilischer Substanzen, um im gasförmigen Zustande durch das Mittel der stets in Bewegung sich befindenden atmosphärischen Luft nach allen Gegenden hin verbreitet zu werden, bis es durch Regen oder Schnee der Erde, woher es stammt, wieder anheim fällt. Die Gegner Liebig's, obgleich sie im Allgemeinen ebenso

---

den Ammoniakgehalt des Regenwassers und Schneewassers ausser allen Zweifel gestellt. Der Schnee enthält beim Beginn des Schneefalles ein Maximum von Ammoniak, und selbst in dem, welcher 9 Stunden nach dem Anfang des Schneiens gefallen war, liess sich das Ammoniak auf's Deutlichste nachweisen."

[133]) *Ueber den Einfluss der Düngungsmittel auf die Bestandtheile der Getreidearten;* Erdmann's ökonom. und techn. Journ. XII. 1—53. (S. unten in dem Abschnitte: *„Dünger"*).

Digitized by Google

wenig die Behauptung, dass das Ammoniak die einzige Substanz sei, welche den Pflanzen den Stickstoff liefert, angreifen, als die Gegenwart des Ammoniaks in der Atmosphäre bezweifeln, glauben jedoch, dass dieses zum Bedürfniss der Pflanzen nicht ausreiche, sondern dass man noch andere (bereits oben weitläufig besprochene) Quellen annehmen müsse, durch welche die Menge des von den Gewächsen assimilirbaren Ammoniaks vermehrt werde. Boussingault[134]) und Mulder[135]) namentlich haben darauf aufmerksam gemacht, dass die von Liebig angestellte Berechnung, eine wie grosse Menge Ammoniak jährlich einer bestimmten Fläche des Erdbodens durch die atmosphärischen Wasser zugeführt werde, auf keine bestimmte Thatsachen gegründet sei, und sie halten es für höchst unwahrscheinlich, dass die Pflanze aus dieser Quelle eine nur einigermaassen beträchtliche Menge Nahrung ziehen sollte.

Das Ammoniak, welches den Pflanzen mit der Feuchtigkeit aus der Luft durch die Blätter oder wohl hauptsächlich in Wasser aufgelöst aus dem Boden durch die Wurzeln zugeführt wird, findet man als solches im Innern der Pflanze wieder, indem es dort in Berührung mit andern organischen Körpern nur nach und nach und zu gewissen Perioden, besonders zur Zeit der Fruchtentwickelung, zur Bildung der stickstoffhaltigen Verbindungen verwendet wird, indem der Ueberschuss desselben mit dem Wasser an der Oberfläche der Pflanze wiederum verdunstet. So wies Liebig[136]) die Gegenwart des Ammoniaks in verschiedenen Pflanzen-

---

[134]) Boussingault a. a. O. Th. II. S. 143. Vgl. weiter unten: *Ueber die Wirkung des Gipses.*

[135]) Mulder: *Ueber die Bestandtheile der Ackererde* (Scheik. Onderz. II Deel. S. 76—136), J. f. pr. Ch. XXXII. S. 321. „Liebig nimmt an, dass jedes Pfund Regenwasser ¼ Gran Ammoniak enthält; aber dieses ist durchaus nicht bewiesen. Aus mehreren hundert Pfund Regenwasser erhielt Liebig nur Spuren von Ammoniak. Es kann also ebenso gut nur $\frac{1}{8}$ oder $\frac{1}{16}$ Gran Ammoniak in 1 Pfd. Regenwasser vorhanden sein, und die Menge des durch dasselbe dem Boden zugeführten Stickstoffes wird so bedeutend kleiner. Selbst wenn auch in dem in 20,860 Cb. F. Luft enthaltenen Wasserdampfe, d. i. in 1 Pfd. Wasser, ¼ Gr. Ammoniak vorhanden wäre, so folgt daraus nicht, dass bei dem Niederfallen von c. 2,500,000 Pfd. Regenwasser auf 2500 □ Meter Land jährlich 80 Pfd. Ammoniak dem Boden zugeführt werden. Der erste Regen reinigt die Luft. Die ganze Menge des in der Luft vorhandenen Ammoniaks wird bei einem mässigen Regen schon in der ersten Viertelstunde dem Boden zugeführt; das später niederfallende Regenwasser muss viel weniger oder gar kein Ammoniak enthalten. Von den 2,500,000 Pfd. Regenwasser, die jährlich auf 2500 Quadratmeter niederfallen, enthalten also vielleicht nur die 250 zuerst niederfallenden Pfunde Spuren von Ammoniak. Beträgt diese Spur nur ¼ Gr., so werden den 2500 □ Metern jährlich durch das Regenwasser, anstatt 80 Pfd. Ammoniak, nur 0,008 Pfd. zugeführt."

[136]) Liebig a. a. O. S. 59 u. ff. In dem Ahornsafte, welcher aus Bäumen von einem ungedüngten Boden war, wurde die Gegenwart einer beträchtlichen Menge Ammoniak gefunden; ebenso im Birkensafte und im Thränenwasser der Rebe. Es ist bekannt, dass in den Rüben-

Digitized by Google

säften nach und erinnerte an mancherlei Erfahrungen, welche die Verbreitung dieses Körpers in den Gewächsen beweisen, und Calvert und Ferrand[137]) haben gleichfalls die Gegenwart des Ammoniaks im gasförmigen Zustande beobachtet, als sie die in verschiedenen Pflanzen eingeschlossene Luft der Analyse unterwarfen.

Wenn, wie es scheint, das Ammoniak die Substanz ist, welche die Pflanzen mit dem zu ihrem Gedeihen und namentlich zu ihrer Samenbildung nöthigen Stickstoff versieht, so lässt sich hieraus namentlich die wohlthätige Wirkung des thierischen Düngers auf die Erzeugung reicher Getreideernten erklären; ebenso scheint dann der augenscheinlich fördernde Einfluss des Gipses, des gebrannten Thones und des Eisenoxyds darauf zu beruhen, dass diese Sub-

---

zuckerfabriken bei der Klärung des Saftes mit Kalk eine Menge Ammoniak sich entwickelt: es ist in dem Safte in der Form eines neutralen Salzes vorhanden, welches beim Eindampfen durch Ammoniakverlust in saures verwandelt wird. Die in den Apotheken durch Destillation über Blüthen, Kräutern und Wurzeln erhaltenen Wasser, alle Extracte von Pflanzen enthalten Ammoniak. Der unreife, einer durchsichtigen Gallerte ähnliche Kern der Mandeln und Pfirsiche entwickelt beim Zusatz von Alkalien reichlich Ammoniak (Robiquet). Der Saft frischer Tabaksblätter enthält Ammoniaksalze. Wurzeln (Runkelrüben), Stämme (Ahorn), alle Blüthen, die Früchte im unreifen Zustande, überall findet sich Ammoniak.

[137]) Calvert und Ferrand: *Ueber die Vegetation, vom chemischen Gesichtspunkte betrachtet* (Compt. rend. XVII. 30. Oct. 1843), J. f. pr. Ch. XXXI. 15—21. S. 21: „Der wichtige Einfluss des Ammoniaks in der Vegetation ist in der letzten Zeit durch Dumas, Boussingault, Liebig ausser Zweifel gesetzt worden; da aber eine Stelle des „*l'Essai de Statique chimique des êtres organisés*" von Dumas bei uns einigen Zweifel über diesen Gegenstand übrig liess, so haben wir geglaubt, dass es von Interesse sein würde, wenn wir untersuchten, ob das Ammoniak der Luft die Gegenwart des in den Pflanzen gebundenen Stickstoffes bewirke, und wir glauben diese Thatsache auf eine deutliche Weise nachgewiesen zu haben, indem wir das Ammoniak im gasförmigen Zustande in der Luft entdeckten, welche die Pflanzen einschliessen.

Menge des angewandten Gases.	Namen der Pflanzen.	Zeit der Versuche.	Platindoppelsalz.
Cb. C.			
550	*Leycesteria formosa*	Nacht	0,0080
360	id. id.	Tag	0,0150
330	*Arundo Donax*	Nacht	0,0060
370	id. id.	Tag	0,0085
1170	*Ricinus communis*	Nacht	0,0100
1160	id. id.	Tag	0,0120
940	*Phytolacca decandra*, mit Früchten	Nacht	0,0070
1140	id. id.	Tag	0,0155
940	id. id., mit u. ohne Blüth.	Tag	0,0250
1650	Intermediäre Schoten	Nacht	0,0970
473	id. id.	Tag	0,0050
			0,1890.

Digitized by Google

stanzen dem Ammoniak seine Flüchtigkeit nehmen und dadurch eine langsame, aber anhaltende Nahrungsquelle für die Entwickelung der Pflanzen werden; man sieht dann endlich unter Andern auch ein, dass der Humus und die Humussäure schon durch ihre Eigenschaft, das Ammoniak zu binden, dem Boden, in welchem sie vorhanden sind, einen hohen Grad von Fruchtbarkeit verleihen müssen [138]).

---

[138]) Mulder: *physiolog. Chemie*, S. 741 u. ff. „Ob die Pflanzen das Ammoniak als solches aufnehmen, ist noch durch keinen Versuch erwiesen und kann mithin nicht als eine Grundregel in der Wissenschaft gelten. Nach dem gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse zu urtheilen, scheint das Gegentheil stattzufinden; die kleinsten Mengen Ammoniak, welche in die Dammerde gelangen, werden daselbst durch die in derselben vorkommenden organischen Säuren sogleich gebunden und bilden damit in Wasser auflösliche Salze, welche durch die Wurzeln der Pflanzen aufgenommen werden müssen. Die organischen Säuren fehlen in keinem guten und fruchtbaren Boden und dürfen darin nicht fehlen; ihre Menge ist klein, sie ist zu klein, um die Kohlenstoffmenge den Pflanzen liefern zu können, aber gross genug, um den Stickstoff als Ammoniaksalze von 5 verschiedenen organischen Körpern zuzuführen. Es ist nicht nöthig, noch näher darauf einzugehen, dass, insofern wirklich der Stickstoff auf diese Weise an die Pflanzen gelangt, darum dennoch keine Spur von Ulmin-, Humin-, Geïn-, Quellsatz- oder Quellsäure in den Wurzeln braucht gefunden zu werden, und dass die weissen Wurzelfasern in der That nicht durch die braune Flüssigkeit gefärbt zu sein brauchen. Keine einzige Zelle in den jungen Wurzeln lässt die aufgesogene Flüssigkeit passiv hindurch; eine jede ist ein thätiges Organ, welches ebensowohl Stoffwechsel erleidet, als es Stoffwechsel veranlasst. Gehen wir von der wohlerwiesenen Thatsache aus, dass das Ammoniak nicht frei in einem guten fruchtbaren Boden enthalten sein kann, sondern unmittelbar mit einer der 5 organischen Säuren vereinigt wird, so wissen wir damit zugleich, dass das Ammoniak den Pflanzen niemals ungebunden dargeboten wird. Mit Kohlensäure, welche in dem Wasser eines fruchtbaren Bodens vorhanden ist, kann es nicht verbunden in die Pflanzen treten, weil ulmin-, humin-, geïn-, quellsatz- und quellsaures Ammoniak nicht durch Kohlensäure zersetzt werden, sondern umgekehrt diese organische Säuren das kohlensaure Ammoniak zersetzen. Es scheint mir damit bewiesen, dass alles Ammoniak, welches durch die Wurzeln der Pflanzen aufgenommen wird, von jenen 5 Säuren des Bodens, sei es von einer oder von mehreren derselben zugleich gebunden, in die Pflanzen tritt, und dass es nicht in denselben circulirt, sondern nur in den äussersten Wurzelfasern, die es aufnehmen, existirt, um daselbst sogleich zersetzt und in neue Körper übergeführt zu werden. Das Brachliegen der Länder, wobei das sogenannte Unkraut untergepflügt wird, und im Allgemeinen das Unterpflügen von bereits gebildeten, nicht stickstofffreien Körpern vermehrt aus dem Grunde in demselben Maasse den Stickstoffgehalt des Bodens, weil sie mehr humusartige Körper liefern, welche das entstandene Ammoniak stark und unverändert zurückhalten, um es den später sich entwickelnden Pflanzen darzubieten. Dieses ist es vorzugsweise, weswegen die stickstofffreien organischen Körper in dem Boden für das Pflanzenwachsthum nöthig sind, um nämlich den Stickstoff als Ammoniak zu binden, obgleich sie natürlicherweise zugleich auch die drei andern organischen Elemente an die Wurzeln der Pflanzen abtreten. — Man denke sich eine Erdart, worin alle organischen Stoffe fehlen, so vermisst man darin alle Stoffe, welche nöthig sind, um das Ammoniak

Digitized by Google

Es ist ferner die Frage aufgeworfen worden, ob auch die *Salpetersäure* Theil habe an der Ernährung der Gewächse? Wir haben bei der Betrachtung der Bildung der Ackererde und deren Bestandtheile gesehen, dass unter gewissen Umständen die Salpetersäure in der Ackererde sich vorfindet, jedoch scheint die Menge derselben so gering zu sein, dass diese Substanz wenigstens als ein wesentliches Nahrungsmittel für die Gewächse nicht betrachtet werden kann, namentlich da diese Säure, die geringe Menge, welche sich durch die sich entladende Elektricität der Luft erzeugt, abgerechnet, immer nur ein secundäres Product ist und nur unter den geeigneten, nicht in jeder Ackererde zusammentreffenden Umständen durch Oxydation des Ammoniaks sich zu bilden vermag. Wir finden freilich in vielen Pflanzen Salpeter *fertig* gebildet, wie es scheint als ein wesentlicher Bestandtheil derselben; diese Pflanzen wachsen auch in völlig salpeterlosem Boden, „aber sie gedeihen nur dann in ihrer ganzen Ueppigkeit, wenn ihnen Sonnenlicht und Ammoniak im Ueberflusse dargeboten werden; Sonnenlicht, das in ihren Blättern und Stengeln die Ausscheidung von freiem Sauerstoff bewirkt, Ammoniak, durch dessen Verbindung mit dem Sauerstoffe unter allen Umständen Salpetersäure gebildet wird." — „Das stete Vorhandensein des salpetersauren Salzes erlaubt keinen andern Schluss, als dass der Stickstoff der Salpetersäure nicht in ihrem Organismus verwendet wird zur Bildung ihrer stickstoffhaltigen Bestandtheile, eben weil sie sonst in einer gewissen Periode des Lebens der Pflanze mit diesem Uebergange verschwinden müsste [139])."

Ueber den besondern Einfluss der salpetersauren Salze auf das Wachsthum der Pflanzen und über die Versuche, welche in dieser Hinsicht angestellt worden sind, werden wir später in dem Abschnitte, der von der Wirkung mineralischer Düngmittel handelt, noch Einiges hinzuzufügen haben.

B. Aufnahme und Assimilation von anorganischen Stoffen und deren Elementen.

Bei dem Verbrennen von Pflanzen oder Pflanzentheilen findet man, dass stets ein feuerfester Rückstand bleibt, eine grössere

---

festzuhalten. Eine solche Erde, z. B. allein aus verwittertem Feldspath bestehend, müsste dann bei niederfallendem ammoniakhaltigem Regenwasser das Wasser mit dem Ammoniak nach unten hindurchlassen, um die Brunnen und Quellen zu speisen; bei Gegenwart von humusartigen Stoffen dagegen wird das Ammoniak unmittelbar mit denselben verbunden und die daraus entstandenen Ammoniaksalze durch den Thonboden in den obersten Feldschichten zurückgehalten."

[139]) Liebig a. a. O. S. 63 u. 304. „Eine Menge von Pflanzen, wie *Borago officinalis*, *Cochlearta officinalis*, *Mesembryanthemum*

Digitized by Google

oder geringere Menge anorganischer Substanzen, die in der lebenden Pflanze in einem mit dem Organismus derselben in inniger Verbindung stehenden Zustande vorhanden waren; bei näherer Untersuchung bemerkt man, dass diese Asche der Pflanzen ein Gemenge bildet von verschiedenen Alkalien und Erden, verbunden mit einigen Mineralsäuren, unter denen die Phosphorsäure namentlich eine wichtige Rolle spielt. Wir finden ferner, dass die Beschaffenheit und die Bestandtheile des Ackerbodens von grossem Einflusse sind auf die Constitution der Pflanzenasche, wir finden in den verschiedenen Theilen der Pflanze oftmals verschiedene anorganische Stoffe, in dem einen Theil ein Element besonders und constant vorherrschend, welches in dem andern fast gänzlich verschwindet; es muss also die Zusammensetzung der Ackerkrume auf die mehr oder weniger üppige Entwickelung gewisser einzelner Pflanzentheile wesentlich influiren, da die völlige Ausbildung derselben nur bei der Gegenwart einer genügenden Quantität der betreffenden Mineralsubstanz erfolgen kann. Wir finden endlich auf einem und demselben Boden in den verschiedenen Pflanzen gänzlich von einander abweichende Bestandtheile ihrer Asche, eine Thatsache, welche zu der Ansicht Veranlassung gegeben hat, dass die Pflanzen, gleichsam wie die Thiere, ihre Nahrungsstoffe zu *wählen* vermöchten, während doch jenes Aufnehmen von bestimmten Körpern durch gewisse Pflanzen darin seine Erklärung zu finden scheint, dass die einzelnen vegetabilischen Membranen gegen die verschiedenen auflöslichen Substanzen ein grösseres oder geringeres endosmotisches Vermögen besitzen können [140]).

---

crystallinum, *Apium graveolens*, die Sonnenblume, der Tabak, enthalten in ihrem Safte gelöst beträchtliche Mengen von Salpeter, den man in andern Pflanzen, welche auf demselben Boden in ihrer Nähe wachsen, nicht findet."

[140]) Mulder a. a. O. S. 674 u. ff. „Die Wurzeln nehmen die als Flüssigkeiten in dem Boden vorkommenden Stoffe endosmotisch in sich auf, d. h. die Zellen der Wurzelfasern sind mit einer Flüssigkeit gefüllt und von einer andern, der Bodenfeuchtigkeit, umgeben; letztere ist weniger gesättigt als jene und dringt daher durch die Wände der Epidermiszellen in die Fibrillen ein, um jene zu verdünnen." — „Nur sehr verdünnte Auflösungen können in die Pflanze eindringen. Fein vertheilte Substanzen, selbst solche, welche Flüssigkeiten färben, lässt die Zellenwand der Wurzelfasern in der Regel nicht durch sich hindurch. Die Auflösung muss vollkommen sein, wenn irgend ein Stoff aus dem Boden in die Pflanze gelangen soll. Ist diese Bedingung erfüllt, dann wählt die Pflanze nicht, schliesst Nichts aus, sondern nimmt nach den Gesetzen der Endosmose Alles auf, was auf die Wände der Wurzelfaserzellen selbst keinen ihrer Wirksamkeit hemmenden Einfluss ausübt. (Siehe *Pflanzengifte.)* Es ist freilich bekannt, dass die Pflanzen aus den Auflösungen gemischter Salze die eine Verbindung in grösserer Menge absorbiren als die andere, und diese Erfahrung hat vielfach zu dem Glauben Veranlassung gegeben, die Pflanzen wählten aus, sie besässen die Fähigkeit, nur solche Bestandtheile in sich aufzunehmen, welche ihr Wachsthum beförderten, alle ihrem Organismus schädlichen Stoffe dagegen zurückzuweisen. Dennoch wird Niemand behaupten

Digitized by Google

Die Kenntniss der Beschaffenheit der unorganischen Körper in den Pflanzen beginnt mit dem Anfange des jetzigen Jahrhunderts, mit Saussure's Untersuchungen über den Einfluss des Bodens auf die Bestandtheile der Pflanzen [141]); die früheren Kennt-

---

wollen, die Pflanzen seien mit Instinct begabte Individuen. Wenn in den Eingeweiden des Thieres gewisse Stoffe aufgenommen werden, andere zurückbleiben, so schreiben wir dies mit Recht der Eigenschaft der Membranen zu, für gewisse Flüssigkeiten endosmotisch leichter durchdringbar zu sein als für andere. Das endosmotische Vermögen der Wurzelenden überhaupt ist nicht bei allen Pflanzen gleich, deshalb nehmen sie nicht alle dieselben Stoffe in sich auf; ausserdem besitzt jede Wurzelfaser an und für sich ein verschiedenes endosmotisches Vermögen in Bezug auf die Substanzen, welche ihr dargeboten werden, wie dies mit jeder Membran der Fall ist, deren man sich zu Versuchen über Endosmose bedient. Dass also zwischen den Membranen, welche gewissen Verbindungen leicht oder schwierig den Durchgang gestatten, und eben diesen Verbindungen selbst ein Molecularnexus besteht, ist ebenso wenig zu bezweifeln, als es ungereimt sein würde, anzunehmen, die Wurzeln der Pflanzen oder die Eingeweide der Thiere vermöchten unter den dargebotenen Stoffen zu *wählen*." — (Vgl. *die Gifte.)*

[141]) *Ueber den Einfluss des Bodens auf die Bestandtheile der Pflanzen*, von Saussure d. Sohne (Bullet. de la Soc. philomat. An. 8. p. 124), Gilb. Ann. VI. 459—461. 1800. Ausführlicher in Scherer's Journ. IX. S. 644—686. 1802. A. d. Journ. de Physique t. (51) VIII. p. 9—40. Saussure bemerkt im Anfang seiner Abhandlung a. a. O.: „Wenn man von Kalkgebirgen auf Granitgebirge kommt, muss man über den Einfluss erstaunen, welchen dieser verschiedene Boden auf die Vegetation hat. — Lange glaubte ich mit mehreren Physiologen, dass die constituirenden Theile der Pflanzen mit denen des Bodens, worauf sie wachsen, übereinkommen, und schrieb daher die Verschiedenheiten, welche man in der Fruchtbarkeit des Kalk- und Granitbodens bemerkt, blos den physischen Eigenschaften des Bodens zu. Ich glaubte nämlich, dass der Kalkboden viel vortheilhafter für die Vegetation sein müsse, weil er die Fähigkeit besitzt, mehr oder weniger Feuchtigkeit zurückzuhalten, und auch von den Wurzelfasern, wegen der schwächeren Cohäsion, leichter durchdrungen werden könne. Wie ich aber meine Aufmerksamkeit auf die verschiedene nährende Kraft der auf dem Kalk und Granit wachsenden Pflanzen richtete, fand ich, dass Thiere, welche sich von den auf Granit wachsenden Pflanzen nährten, viel kleiner und magerer waren und nicht so viel Milch gaben als die, welche sich von den auf Kalkbergen wachsenden nährten, obgleich die Pflanzen von beiden Erdreichen einander gleich waren und die Thiere gleiche Quantitäten von beiden erhielten. Ich bemerkte, dass die Milch der Thiere, welche Granitpflanzen bekommen hatten, viel reicher an Butter und Käse war als die von denen, welche Kalkpflanzen zu ihrer Nahrung erhielten. Es wird gewiss einem Jeden der Unterschied auffallen, welcher zwischen dem Rahm der Milch vom Jura, einem Kalkgebirge, und dem von dem Granitgebirge im Thale Chamouni stattfindet. Es drängt sich also natürlich die Vermuthung auf, dass die constituirenden Bestandtheile der Pflanzen in ihren Verhältnissen verschieden sein müssen, je nachdem der Boden beschaffen ist, auf welchem sie wachsen. Es wäre wohl der Mühe werth, diese Vermuthung zu bestätigen, indem sie der Gegenstand der oft aufgeworfenen Frage ist: Hat der Boden einigen Einfluss auf die constituirenden Bestandtheile der Pflanzen?" — Die Resultate der in der angeführten Abhandlung mitgetheilten

Digitized by Google

nisse waren nämlich in dieser Hinsicht sehr ungenau, und man glaubte fast allgemein, dass der Einfluss des Bodens auf die Vege-

---

Analysen findet man in dem Folgenden übersichtlich zusammengestellt (vgl. auch Liebig's *Agriculturchemie*, 5te Aufl. S. 328 u. 329):

	a. Der Granit von Mont Breven enthält:	b. Das Gestein des La Salle-Gebirges enthält:	c. Der Kalkstein des Reouley de Thoiry enthält:
Kalk . . .	1,74	24,36 (kohlens.)	98
Thonerde . .	13,25	4	0,625
Kieselerde .	73,25	30	—
Eisenoxyd (Manganoxyd)	9	13	0,625
Kohlensäure	—	27	—
Bergöl . . .	—	—	0,25
(Verlust) . .	2,76	1,64	0,5.

Die auf diesen Gebirgen gewachsenen Pflanzen verlieren nach de Saussure in 100 Th. frischer Zweige mit Blättern durch Trocknen an der Luft:

	An Wasser.		Geben an Kohle.		Geben an Asche.	
	a.	b.	a.	b.	a.	b.
Fichte . . .	51,17	48,24	10,62	11,11	1,187	1,128
Lärchenbaum	58,07	57,13	10,16	10,39	0,961	0,926
Oleander . .	59,73	52,78	9,05	9,62	0,654	0,339
Heidelbeeren	50,11	47,50	11,69	12,32	1,096	1,048
Wachholder	55,19	49,45	10,63	11,46	1,081	1,082.

100 Th. Asche enthalten:	Heidelbeerstrauch.		Fichte.		
	a.	c.	a.	b.	c.
Kohlensaures Kali } Schwefel- u. salzs. Kali }	16,38	23,50	{ 3,60 / 4,24 }	{ 7,36 / 12,63 }	15
Kohlensauren Kalk . . .	40,35	53,70	46,34	51,19	63
Kohlensaure Bittererde .	5,85	—	6,77	—	—
Thonerde	17,54	14,25	14,86	11,95	16
Kieselerde	13,45	1,75	13,49	6,87	—
Eisen- und Manganoxyd .	6,43	6,80	10,52	10,00	3

	Oleander.			Wachholder.	
	a.	b.	c.	a.	c.
Kohlen-, schwefel- und salzsaures Kali .	10,82	12,25	17,76	15,25	14,0
Kohlensauren Kalk . .	30,02	57,60	71,54	64,25	66,6
Kohlensaure Bittererde	5,00	—	—	—	
Thonerde	28,80	13,31	5,93	—	
Kieselerde	14,86	5,44	—	0,25	
Eisen- u. Manganoxyd	8,40	11,00	4,86		

Allgemeine Resultate dieser Analysen: „Aus allen diesen Untersuchungen folgt, dass einige Bestandtheile der Pflanzenasche vom Boden ganz unabhängig sind; dahin gehört z. B. der kohlensaure Kalk und andere blos zufällige Bestandtheile, als der Kiesel. Diese werden den Pflanzen höchst wahrscheinlich aus der Atmosphäre mitgetheilt. Die vom Boden abhängigen Theile erhalten die Pflanzen durch die Wurzeln und sie müssen sich daher um so häufiger darin befinden, je grösser die Oeffnungen der zuführenden Canäle sind. Gräser und Wasserpflanzen enthalten daher auch weit mehr Kiesel als die andern Pflanzen. Davy fand ihn am häufigsten in dem Oberhäutchen dieser Gewächse. Letzteres ist nämlich, nach den meisten Physiologen, dazu bestimmt, mehrere Producte aus den Pflanzen auszuführen. Weil nun

Digitized by Google

tation sich einzig und allein auf dessen Vermögen, die Feuchtigkeit mehr oder weniger zurückzuhalten, beschränke, wenn auch einzelne Naturforscher, wie Humboldt[142]) u. A., die Bedeutung der unor-

---

aber, Versuchen zufolge, der Kiesel ein fremder und selbst schädlicher Theil der Pflanzen ist, so suchen sie ihn zu entfernen und folglich muss er sich im Oberhäutchen anhäufen. — Wahrscheinlich kann man aus der blossen Einäscherung der Pflanzen schon einen Schluss auf ihren Boden machen, vorausgesetzt, dass man die Bestandtheile der Asche kenne. Ja vielleicht wird man gar die Pflanzen darnach in Rücksicht ihrer ernährenden Kraft und ihrer Anwendung in den Künsten beurtheilen können. Vergleicht man die Analysen der verschiedenen Pflanzenaschen mit einander, so scheint es, dass Pflanzen, welche viel Kiesel enthalten, um so weniger salzartige Substanzen und Kalk in ihrer Mischung haben. Aus einer, mit dem Wachholder vom Breven und Reculey von mir angestellten Untersuchung scheint zu erhellen, dass alle Pflanzen von einem Kieselboden keinen Kiesel enthalten, dagegen aber so viel salzartige Körper darin befindlich sind, als in Pflanzen von einem Kalkboden."

Asche der Pflanzenerde (des Humus) vom Granit- und Kalkgebirge:

	Fichtenerde. a.	Fichtenerde. c.	Oleandererde. c.	Wachholdererde. c.
Kalisalze	—	4,57	1,85	
Kohlensaurer Kalk . .	1,16	23,20	16,35	
Kohlensaure Bittererde	0,37	—	—	
Thonerde	14,00	37,10	43,70	
Kieselerde	60,50	13,71	14,27	13,0
Eisen- und Manganoxyd	16,00	16,10	23,83	
	92,03	94,68	100,00.	

„Bei Vergleichung dieser Analysen findet man, dass der Humus einer und derselben Pflanze auf verschiedenem Boden ebenfalls verschieden sei, und dass sich (wie die Analyse der Pflanzen, woraus diese Erde entstand, schon vermuthen liess) diese erdigen Bestandtheile, nach Verschiedenheit des Bodens, worauf die Pflanzen wachsen, ebenfalls abändern. Der Humus vom Kalkboden enthält weit mehr Kalkerde als der vom Kieselboden, welcher dafür aber auch desto mehr Kiesel enthält. Die Abwesenheit des kohlensauren Kalkes in der Pflanzenerde vom Kalkboden beweist, dass der in der Pflanzenerde vom Granitboden enthaltene nicht einem zufälligen Gemenge des Gebirges mit dem Humus zugeschrieben werden müsse. — Die Asche der Pflanzenerden vom Granit- und Kalkboden enthält viel weniger Salz und kohlensauren Kalk als die Asche der auf demselben Boden gewachsenen Pflanzen. Die Pflanzenerde vom Granitboden scheint nicht allein weniger kohlensauren Kalk als die vom Kalkboden zu enthalten, sondern das Verhältniss der Salze scheint darin auch sogar geringer zu sein. Der Kiesel ist vielleicht überall, auch selbst auf einem vollkommen reinen Kalkboden, in der Pflanzenerde verbreitet."

[142]) A. v. Humboldt, in der Einleitung zu Ingenhouss: *Ernährung der Pflanzen und Fruchtbarkeit des Bodens*, übers. von Fischer. 1798. S. 29 u. 30: „Auch von der Erde glaube ich, dass man sie allerdings zu den wahren Nahrungsmitteln zählen muss. Was berechtigt uns, sie blos mechanisch als einen Stoff zu betrachten, der der Thier- und Pflanzenfaser Dichtigkeit und Starrheit giebt? Ich berühre hier nicht die Frage, welche ein kommendes Jahrhundert entscheiden wird, die Frage, ob Erdarten zusammengesetzt sind, und ob

Digitized by Google

ganischen Bestandtheile des Bodens für die Ernährung der Pflanzen ahneten. Saussure fand auch zuerst, dass die Phosphorsäure einen wesentlichen Bestandtheil der Pflanzenaschen ausmache, und zog aus den Resultaten vergleichender Analysen des Bodens und der Asche von auf demselben gewachsenen Pflanzen den Schluss, dass die Asche je nach der Beschaffenheit des Bodens variire, da die Asche des *Rhododendron ferrugineum* z. B. aus Kalkboden eine beträchtliche Menge kohlensauren Kalk enthalte, während die derselben auf Granitboden gewachsenen Pflanze nur wenig Kalk, dagegen weit mehr Kieselerde als jene enthalte, und ferner, dass die chemische Constitution des Bodens auch auf die Beschaffenheit der organischen Bestandtheile der Pflanze einen wesentlichen Einfluss auszuüben scheine. De Saussure bemerkte jedoch ebenfalls, in Folge der von ihm ausgeführten Aschenanalysen [143]), dass die Beschaffenheit des Düngers einen noch grösseren Einfluss ausübe als die geognostischen Verhältnisse des Bodens,

---

viele derselben erst während der Vegetation entstehen, d. h. gleich den Laugensalzen aus gasförmigen Basen zusammen gerinnen, sondern ich erinnere blos an das Zusammenwirken aller Elemente und ihrer Ziehkräfte bei dem grossen Process der Vitalität. In physiologischen Betrachtungen muss man sich hüten, nicht einzelnen Stoffen und Kräften zuzuschreiben, was nur durch das wechselseitige Verhältniss aller begründet wird. Einer Pflanze *(Chara)*, in deren Mischung wir immer Kalkerde finden, ist die Gegenwart dieser Erde gewiss ebenso wesentlich als die des Kohlenstoffs oder Wasserstoffs. Unter wesentlichen Bestandtheilen giebt es keine Rangordnung, und mit den Fortschritten der Chemie werden wir die Wirkungsart mancher Elemente erkennen, welche jetzt gleichsam isolirt in der Kette der Dinge stehen."

[143]) Saussure: *chemische Untersuchungen über die Vegetation*, S. 250—300. S. fand in verschiedenen Theilen der Pflanzen folgende Aschenmengen, die jedoch ein wenig zu gering angegeben sind, weil die Substanzen, die einige Wochen hindurch bei 25° im Trockenofen getrocknet waren, nicht alles Wasser, welches sie enthalten, abgegeben hatten.

Namen der Pflanzen.	Zeit des Einsammelns.	Asche in d. trocknen Pflanze.
		Proc.
Eichenblätter	10. Mai	0,053
„	27. Septbr.	0,055
Abgeschälte Eichenzweige . .	10. Mai	0,004
Rinde von denselben Zweigen	„	0,060
Eichenholz ohne Splint	„	0,002
Splint der Eiche	„	0,004
Rinde der Eiche	„	0,060
Bast dieser Rinde	„	0,073
Pappelblätter	im Mai	0,066
„	im Septbr.	0,093
Stamm der Pappel ohne Rinde	„	0,008
Rinde des Pappelstammes . .	„	0,072
Maulbeerbaum	„	0,007
Splint dieses Maulbeerbaums .	„	0,013

Digitized by Google

so dass die Pflanzen gleicher Gattung, sowohl auf kalkigem wie auf sandigem Boden, dieselben unorganischen Bestandtheile enthal-

Namen der Pflanzen.	Zeit des Einsammelns.	Asche in d. trocknen Pflanze.
		Proc.
Rinde des Maulbeerbaums . . .	im Septbr.	0,089
Bast dieser Rinde	„	0,088
Blätter des Kastanienbaums . .	10. Mai	0,072
„ „ „	23. Juli	0,084
Blüthen desselben	10. Mai	0,071
Reife Kastanien	„	0,034
Erbsen, blühend	„	0,095
„ schotentragend . . .	„	0,081
Bohnen, in Blüthe	„	0,122
„ fruchttragend . . .	„	0,066
„ Hülle ohne Samen . .	„	0,115
„ Samen allein	„	0,033
Sonnenblume in Blüthe	„	0,137
„ samentragend . .	„	0,093
Weizenstroh	„	0,043
Weizenkörner	„	0,013
Stengel von Mais, ohne Körner	„	0,084
Maiskörner	„	0,010
Gerstenstroh	„	0,042
Gerstenkörner	„	0,018
Haferkörner	„	0,031
Fichtennadeln vom Jura	20. Juni	0,029
„ „ Brocken . .	„	0,029
Fichtenzweige ohne Nadeln . .	„	0,015

Es mögen hier noch die Resultate einiger Untersuchungen Bousingault's angeführt werden (vgl. dessen *Landwirthschaft*, Th. I. S. 64). Die Substanz war durchgängig im Oelbade bei 110° vollständig getrocknet worden.

Weizenstroh	0,070	Proc.
Weizenkörner	0,024	„
Roggenstroh	0,036	„
Roggenkörner	0,023	„
Haferstroh	0,051	„
Haferkörner	0,040	„
Kartoffeln	0,040	„
Feld Runkelrübe	0,063	„
Rüben	0,076	„
Helianthus tuberosus . .	0,60	„
desgl. (Stengel davon) .	0,28	„
Gelbe Erbsen	0,031	„
Erbsenstroh	0,113	„
Heu von rothem Klee . .	0,077	„
Wiesenheu	0,090	„
Grummet von Wiesenheu .	0,100	„

Berthier (*Traité des essais*, t. I. p. 259; und *Analyse des Cendres de diverses espèces de Bois*; Ann. de Ch. et de Ph. XXXII. 240. 1826. Vgl. Boussing. *Landwirthsch.* a. a. O. S. 63) giebt den Aschengehalt verschiedener Hölzer folgendermaassen an:

Tanne	0,0083
Birke	0,0100
Bohnenbaum (*Cytisus laburnum*) . . .	0,0125

Digitized by Google

ten, wenn sie mit demselben Dünger behandelt worden sind. Gleichzeitig mit Saussure und auch später beschäftigte sich Schrader mit der Analyse von Pflanzenaschen, auf Veranlassung einer von der Berliner Akademie der Wissenschaften aufge-

---

Haselnuss	0,0157
Weisser Maulbeerbaum	0,0160
Lucienholz *(Prunus Mohaleb)*	0,0160
Rother Hollunder *(Sambucus racemosa)*	0,0164
Judasbaum	0,0170
Eichenzweige	0,0250
Eichenrinde	0,0600
Linde	0,0500
Pappel, Ahorn, Faulbaum, Korkeiche	0,0020
Buchsbaum	0,0036
Abgeschälte Esche, Spindelbaum, Esche, Erle, Tanne, Fichte, Haselnuss, Birke	0,0040
Dornstrauch	0,0050
Espe	0,0060
Eichenrinde	0,0120
Schwarzholz *(Rhus Coriaria)*	0,0149
Mahagoniholz	0,0160
Ebenholz	0,0160
Eichen-Reisholz	0,0220
Haldekraut	0,0450.

Saussure befolgte bei der quantitativen Analyse von Pflanzenaschen eine Methode, welche den jetzigen Ansprüchen an Genauigkeit nicht genügt; die Resultate der Analysen müssen jedoch, weil sie alle auf demselben Wege gefunden sind, in einem dem wirklichen entsprechenden gegenseitigen Verhältnisse zu einander stehen, wodurch sie gewissermaassen unter einander, sowie mit andern Analysen vergleichbar sind. Saussure behandelte nämlich (vgl. Liebig a. a. O. S. 329 ff.) die Asche mit Wasser und schied den löslichen von dem unlöslichen Theile; der letztere mit Salpetersäure behandelt zur Abscheidung der Kieselerde; die saure Auflösung mit Blutlaugensalz gefällt und dadurch Eisen und Manganoxydul bestimmt; weiter mit Ammoniak gefällt und die phosphorsauren Erden erhalten; der letztere Niederschlag mit kaustischem Kali behandelt, mit einer Säure neutralisirt und mit Ammoniak gefällt, um die Thonerde (phosphorsaure), wenn sie gegenwärtig war, zu finden; die Flüssigkeit, aus welcher die phosphorsauren Erden gefällt waren, wurde mit kohlensaurem Natron anhaltend gekocht, wodurch die kohlensauren Erden gewonnen wurden. — Die Aschen, welche phosphorsaure Alkalien enthielten, löste Saussure in Salpetersäure auf, schied den Kalk und die Bittererde in Verbindung mit Phosphorsäure ab, dampfte ein und glühte den Rükstand unter Zusatz von Kohle; die trocknen Salze wurden dann mit Essigsäure übersättigt, eingetrocknet und mit Alkohol behandelt, welcher phosphorsaures, schwefelsaures Kali und Chlorkalium ungelöst lässt; dies Gemenge wurde dann in Wasser gelöst und mit essigsaurem Kalk vermischt; der Niederschlag nach dem Glühen mit Essigsäure behandelt und, was nicht aufgelöst wurde, als reiner phosphorsaurer Kalk angesehen, von welchem angenommen wurde, dass 100 Th. 129 phosphorsaurem Kali entsprechen (für 8 Ca O 3 P^2O^5 giebt dies 3 [P^2O^5, 3 KO]). Die verschiedenen Flüssigkeiten wurden nun abgedampft und geglüht, der Rückstand gewogen und in demselben Chlor und Schwefelsäure bestimmt, und beide als Chlorkalium und schwefelsaures Kali in Rechnung gebracht u. s. w.

Digitized by Google

stellten Preisfrage [144]); er gelangte zu dem irrigen Schlusse, dass diese erdigen Bestandtheile in den Pflanzen wenigstens grossen-

100 Theile Asche enthalten.	Reife Früchte der Rosskastanie.	Samen d. *Vicia Faba.*	Weizenstroh.	Weizenkörner.	Weizenkleie.	Maisstengel.
Kali	51	22,45	12,5	15	14	59
Phosphorsaures Kali	28	43,93	5	32	30	9,7
Chlorkalium	3	0,9	3	0,16	0,16	2,5
Schwefelsaures Kali		2	2			1,25
Phosphors. Erden	12	27,92	6,2	44,5	46,5	5
Kohlensaure Erden			1			1
Kieselerde	0,5		61,5	0,5	0,5	18
Metalloxyde	0,25	0,5	1	0,25	0,25	0,5
Verlust	5,25	2,3	7,8	7,59	8,59	3,05.

100 Theile Asche enthalten.	Maissamen.	Gerstenstroh.	Gerstenkörner.	*Vicia Faba* in der Blüthe.	*Vicia Faba.* Stroh ohne Samen.
Kali	14	16	18	57,25 kohlens.	31
Phosphorsaures Kali	47,5		9,2		
Chorkalium	0,25	0,5	0,25	12	14
Schwefelsaures Kali	0,25	3,5	1,5		2
Phosphors. Erden	36	7,75	32,5	18	6
Kohlensaure Erden		12.5		5	37,5
Kieselerde	1	57	35,5	2	2,75
Metalloxyde	0,12	0,5	0,25	0,5	0,57
Verlust	0,88	2,25	2,8	8,25	6.

[144]) *Zwei Preisschriften über die eigentliche Beschaffenheit und Erzeugung der erdigen Bestandtheile in den verschiedenen inländischen Getreidearten*, von J. C. C. Schrader und J. S. B. Neumann, Inspector. Berlin 1800. 8. Auszug in Gehlen: Neues allgem. Journal der Chemie, Bd. III. S. 523—532. 1804. Eine Fortsetzung dieser Untersuchungen ebendas. S. 532—548. Wir wollen hier die Resultate der Schrader'schen Analysen anführen, weil diese zu den ersten gehören, welche überhaupt über diesen Gegenstand angestellt sind; hinsichtlich der Genauigkeit können sie natürlich nicht mit den in neuerer Zeit angestellten verglichen werden. Schr. untersuchte die Körner des Weizens, Roggens, der Gerste, des Hafers und das Roggenstroh und erhielt aus 32 Unzen:

	Weizen.	Roggen.	Gerste.	Hafer.	Roggenstroh.
Kieselerde	$13\frac{2}{10}$ Gr.	$15\frac{6}{10}$	$66\frac{1}{10}$	$144\frac{2}{10}$	152
Kalkerde (kohlens.)	$12\frac{6}{10}$	$13\frac{1}{10}$	$24\frac{5}{10}$	$33\frac{1}{20}$	$46\frac{2}{10}$
Talkerde (kohlens.)	$13\frac{1}{10}$	$14\frac{2}{10}$	$25\frac{3}{10}$	$33\frac{9}{10}$	$28\frac{2}{10}$
Thonerde	$\frac{5}{10}$	$1\frac{4}{10}$	$4\frac{2}{10}$	$4\frac{5}{10}$	$3\frac{2}{10}$
Manganoxyd	5	$3\frac{2}{10}$	$6\frac{7}{10}$	$6\frac{7}{20}$	$6\frac{8}{10}$
Eisen (als Berlinerblau)	$2\frac{5}{10}$	$\frac{9}{10}$	$3\frac{8}{10}$	$4\frac{3}{10}$	$2\frac{4}{10}$.

Schrader fand ferner, als er Getreidearten in Schwefelblumen, die mit destillirtem Wasser feucht gehalten wurden, vegetiren liess, auch unter diesen Umständen in den Pflanzen erdige Bestandtheile, wodurch er sich eben zu dem Schluss verleiten liess, dass dieselben durch den Organismus gebildet würden. — Schrader bemerkt am Schluss seiner Abhandlung (Gehlen a. a. O. S. 547 u. 548): „Einzig

Digitized by Google

theils durch einen organisch-chemischen Process erzeugt würden und ebendeswegen wesentlich zur Constitution der Pflanze gehörten. Ausser Berthier [145]), der eine Anzahl von Holzaschen hauptsächlich in Folge technischer Zwecke analysirte, weil er glaubte, dass die Kenntniss der Bestandtheile derselben namentlich bei metallurgischen Operationen von Wichtigkeit sein möchte, haben, ausser in der neuesten Zeit, wenige Chemiker Untersuchungen über die anorganischen Körper, welche die Pflanzen enthalten, angestellt, und selbst diese wenigen können wir hier unberücksichtigt lassen, da sie entweder mit unzureichenden analytischen Hülfsmitteln ausgeführt sind und also kein nur einigermaassen genaues Resultat geliefert haben, oder nur einen ganz speciellen Zweck verfolgen, so dass sie zur Aufklärung der hier in Betracht kommenden Fragen wenig oder nichts beitragen können.

Wenn auch schon seit Saussure's vortrefflichen Untersuchungen die Mehrzahl der Chemiker und Pflanzenphysiologen sich zu der Ansicht hinneigte, dass die unorganischen Körper, welche stets in den verschiedenen Pflanzentheilen vorkommen, unmittelbar aus dem Boden den Pflanzen zugeführt würden, und dass ferner das Vorhandensein dieser Substanzen in dem Boden eine für das Gedeihen der Vegetation unerlässliche Bedingung sei, so konnte diese Ansicht selbst bis in die neueste Zeit doch immer nicht jene allgemeine Gültigkeit und unbezweifelte Anerkennung finden, welche nur die Folge ist von einer durchaus evidenten Beweisführung. Der noch immer bestehende Mangel an vollkommen genügenden Beweisen gab daher im Jahre 1838 in Göttingen Veranlassung zu der abermaligen Aufstellung der Preisfrage: „Ob die sogenannten unorganischen Elemente, welche in der Asche der Pflanzen gefunden

---

und allein die oberflächliche Ansicht dieses Gegenstandes, die Beobachtung, dass der Boden, worin gewöhnlich Pflanzen wachsen, mehrere Erden enthält, hat auch den einzigen Grund für die Annahme hergegeben, dass die Erden der Pflanzen aus diesem Boden gekommen sind. Dies ist der ganze Beweis für eine Ansicht, welcher alle übrigen Ansichten und Erfahrungen widersprechen. Die Pflanze, welche von gasartigen Substanzen oder gar noch einfacheren Stoffen, nämlich zersetzten Gasarten, vielleicht durch Mitwirkung des Lichts und der Wärme, gebildet wird, soll Körper zu ihrer Nahrung aufnehmen, wie die Erden sind, welche sich nicht einmal, sowie sie sich vorfinden, in reinem Wasser auflösen und aller Analogie nach zusammengesetzt sind. Man hat also hier *post hoc, ergo propter hoc* geschlossen. Mehr aber hat die Vorstellung, dass die Erden in den Pflanzen, ebenso wie die andern Bestandtheile derselben, durch die Vegetation gebildet werden, durch analoge Ansicht und Erfahrung für sich. Ob aber nicht manche Erden des Bodens bei der Vegetation ebenfalls zersetzt werden und also mit ihren Bestandtheilen die Pflanzen nähren und bilden helfen, ist eine andere Frage, welche aber immer der Meinung nicht im Wege stehen kann, dass die Erden keine directen Nahrungsmittel der Pflanzen sind und nicht als solche in dieselben eingehen."

[145]) Berthier; Ann. de Ch. et de Ph. a. a. O. (Vgl. Liebig, *Agriculturchemie*, 5. Aufl. S. 325 u. ff.)

Digitized by Google

werden, auch dann in den Pflanzen sich finden, wenn sie denselben von Aussen nicht dargeboten werden; und ob jene Elemente

	Weissbuchenholz. (1) *)	Weissbuchenholzkohle. (2)	Rothbuchenholzkohle. (3)	Eichenholz. (5)	Eichenrinde. (6)	Lindenholz. (7)	Mohalebkirschenholz. (8)	Traubenhollunderholz. (9)	Holz von *Cervis Sitiquastrum.* (10)	Erlenholz. (21)	Tannenholz. (22)	Tannenholz. (23)	Fichtenkohle. (24)	Weizenstroh. (25)
Procente der Asche . .		2,65	3,00	2,50	6,00	5,00	1,60	1,64	1,70			0,83	1,24	4,40
100 Th. Asche halten in Wasser lösliche Th.	18,9	17,2	16,0	12,0	5,0	10,8	16,0	31,5	19,0	18,8	25,7	50,0	13,6	9,0
In Wasser nicht lösliche	81,1	78,9	82,0	88,0	95,0	89,2	84,0	68,5	81,0	81,2	74,3	50,0	86,4	81,0
100 lösliche Th. halten:														
Kohlensäure		24,60	22,4	24,0	23,2	27,42	20,0	24,0	24,9	6,6	30,2	13,5	20,75	Spur
Schwefelsäure		7,25	7,3	8,1	6,0	7,53	6,0	6,4	3,1	0,3	3,1	6,9	12,00	2,0
Salzsäure		4,61	5,2	0,1	0,7	1,80	10,0	0,4	0,5		0,3	0	6,63	13,0
Kieselerde		1,00	1,0	0,2	0,8	1,61	1,0	0,2	1,0		1,0	2,0	1,33	35,0
Kali		50,65	64,1	67,6	69,63	60,64	63,0	67,0	70,5		65,4	28,2	31,66	50,0
Natron		12,10										41,5	15,33	
Wasser												7,9		
100 nicht lösliche Th. halten:														
Kohlensäure	33,2	29,20	32,9	39,6	38,5	39,8	34,0	31,4	34,0	31,0	23,0	21,5	36,0	1,2
Phosphorsäure	10,0	8,80	5,7	0,8		2,8	6,3	8,3	7,5	7,7	4,2	1,8	1,0	75,0
Kieselerde	5,0	3,90	5,8	3,8	1,1	2,0	1,8	3,2	2,4	5,0	8,0	13,0	4,6	5,8
Kalk	38,6	42,70	42,6	54,8	50,1	51,8	48,8	49,2	46,0	50,2	39,8	27,2	42,3	
Bittererde	7,8	6,95	7,0	0,6	0,8	2,2	7,0	2,5	7,2	2,5	4,4	8,7	10,5	
Eisenoxyd	1,4	0,10	1,5			0,1	0,5	1,1	1,3	3,6	14,1	22,3	0,1	2,5
Manganoxyd	3,4	6,95	4,5		7,4	0,6	0,8	1,8	0,7		6,0	5,5	0,4	
Kohle		1,40			2,1								4,8	7,5
Kali														8,0.

*) Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf die Nummern, unter welchen die Analysen in den Ann. de Ch. et de Ph. a. a. O. aufgeführt sind.

Digitized by Google

so wesentliche Bestandtheile des vegetabilischen Organismus sind, dass dieser sie zu seiner völligen Ausbildung bedarf." Der Preis wurde im Jahre 1840 einer Abhandlung zuerkannt, deren Verfasser Wiegmann und Polstorff waren. Sie stellten ihre Versuche an, indem sie Samen von Wicken, Gerste, Hafer, Buchweizen, Tabak und Klee in einem reinen, mit Salpetersäure ausgezogenen Quarzsande sowohl, als in einer künstlich bereiteten fruchtbaren

	(27) Rainfarrenkraut.	(26) Kartoffelkraut.	(28) Tabakswurzel.	(11) Wallnussbaumholz.	(13) Holz des weissen Maulbeerbaumes.	(14)	(15) Pomeranzenbaumholz.	(16) Holz von *Quercus alba.*	(17) Holz der Steineiche.	(18) Birkenholz.	(19) Bohnenbaumholz.	(20) Kastanienbaumholz.
Procente der Asche . .		15,00		1,5.	1,60					1,00	1,25	
100 Th. Asche halten in Wasser Lösliches . .	29,0	4,2	12,3	15,4	15,0	25,0	9,6	7,5		16,0	31,5	14,6
— nicht Lösliches	71,0	95,8	87,7	84,6	85,0	75,0	90,4	92,5		84,0	68,5	85,4
100 lösliche Th. halten:												
Kohlensäure	5,0	6,2	10,0	20,2		23,0	37,0			17,0	8,2	8,75
Schwefelsäure	5,6	23,0	10,3	5,1		8,3				2,3		18,75
Salzsäure	11,0	12,0	18,26	0,5		4,0	4,0			0,2	2,0	0,50
Kieselerde				0,5						1,0	1,7	2,75
Kali				73,2		5,20						
Natron und Wasser	68,4	58,8	61,44			11,5	5,9			79,5		69,25
100 nicht lösliche Theile halten:												
Kohlensäure	25,3			37,0	27,0	42,0	33,5	41,4	35,81	31,0	19,0	30,60
Phosphorsäure	8,0			4,8	11,6	1,8	1,9	3,0	2,81	4,3	18,4	1,81
Kieselerde	21,8			4,2	7,7	2,9	6,0	3,3	5,05	5,5	8,0	8,45
Kalk	42,8	38,0		42,4	46,7	46,1	45,0	50,3	48,34	52,2	45,6	51,10
Bittererde	0,7			4,4	5,2	4,6	7,0	1,0	2,40	3,0	9,0	3,90
Eisenoxyd	0,7			4,0	0,3	0,5	1,0	1,0	4,78	0,5		3,50
Manganoxyd	0,7				0,5	1,3	5,6			3,5		
Kohle	0,7											

Digitized by Google

Ackererde, geschützt vor dem atmosphärischen Staube und dem

	Farrenkraut.	Weizenstroh.	Schaftheu.	Haidekraut.	Rainfarren.
Schwefelsaures Kali . .	0,7	0,4	12,0	5,0	3,3
Chlorkalium	Spur	3,2	11,4	1,2	9,0
Kohlensaures Kali . . .		Spur		6,8	16,7
Kali, an Kieselerde geb.		13,0			
Kieselerde	73,0	71,5	50,8	37,5	16,5
Kohlensaurer Kalk . . .	24,8	9,6	6,2	28,0	43,4
Schwefelsaurer Kalk . .			14,4		
Phosphorsaurer Kalk . .	1,0	2,3	2,2	13,0	10,0
Bittererde	0,5		3,0	1,0	0,2
Eisenoxyd				1,4	0,7
Manganoxyd				6,1	0,2
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0.

Berthier fügt (Ann. de Ch. et de Ph. a. a. O. S. 262 ff.) den mitgetheilten Analysen folgende Bemerkungen bei: „Zunächst bemerkt man aus diesen Analysen, dass keine derselben Thonerde angiebt, obgleich diese Erde in jedem cultivirbaren Ackerboden und oft in sehr beträchtlicher Menge vorkommt. Wenn man zuweilen Spuren derselben in den Aschen findet, so rühren diese offenbar her von einer geringen Quantität Thon, die an den Wurzeln der Pflanze hängen geblieben ist und sich dann mit der Asche vermengt hat. Die Abwesenheit der Thonerde beruht wahrscheinlich auf deren Unlöslichkeit in Wasser und darauf, dass sie nur sehr schwache Verwandtschaften besitzt, welche ihr nicht erlauben, bei Gegenwart von starken Basen, wie der Kalkerde, Magnesia und des Eisen- und Manganoxyduls, mit Pflanzensäuren Verbindungen einzugehen. Die Kieselerde ist in der Asche der Hölzer selten in grosser Menge vorhanden; aber sie findet sich dagegen in sehr beträchtlicher Quantität in den Aschen vieler Kräuter und namentlich in denen der Familie der Gräser. Diese Substanz kann in Folge ihrer Löslichkeit in Wasser und wegen der Leichtigkeit, mit welcher sie sich mit den Alkalien verbindet, in die Pflanzen hineingeführt sein. Die Schwefelsäure, Salzsäure und Phosphorsäure können nur aus dem Dünger und den thierischen Ueberresten herstammen. — Wenn man die Aschen des Holzes von einerlei Species, aber auf verschiedenem Boden gewachsen, mit einander vergleicht, so sieht man, dass sie in ihrer Zusammensetzung ziemlich bedeutend verschieden sein können; dies beweist, dass der Boden Einfluss auf ihre Zusammensetzung hat; so besteht die Asche einer Eiche von *la Roqueles-Arcs* fast nur aus kohlensaurem Kalke, während die der Eiche von *la Somme* viel Magnesia und phosphorsauren Kalk enthält; die Asche des weissen Maulbeerbaums von *Bouches-du-Rhone* (14) enthält kaum eine Spur von Phosphorsäure, die des weissen Maulbeerbaums von *Nemours* (13) wenigstens 0,10 u. s. w. — Wenn man dagegen die Aschen von verschiedenen Pflanzen untersucht, die auf demselben Boden gewachsen sind (7, 8, 9, 10, 11, 13, 19, 27), so findet man, dass, wenn die Species unter sich analoger Art sind, die Aschen grosse Uebereinstimmung zeigen; wenn aber die Pflanzen sehr verschiedenen Geschlechtern angehören, so sind auch ihre Aschen gleichfalls sehr verschieden zusammengesetzt (vergl. z. B. 19 und 27 mit 7, 8 u. s. w.); woraus man schliessen muss, dass die Pflanzen in dem Boden die ihnen am meisten geeigneten Substanzen auswählen, und dass diese nicht durch eine einfache capillare Aufsaugung oder auf mechanischem Wege aufgenommen werden; so bemerkt man, dass Bäume, die in einem rein thonigen und sandigen Boden wachsen, wie die Birke von *Orleans* (18), die Ka-

Digitized by Google

Regen, keimen und vegetiren liessen[146]); sie beobachteten, dass die Pflanzen in dem reinen Sande nicht zu der gewöhnlichen Ent-

---

stanie und Erle von *Allevard* (20, 21), eine sehr kalkhaltige Asche geben, während die Asche des Weizens von *Puiselet* (25) fast nichts davon enthält, obgleich derselbe auf einem Kalkboden cultivirt war. Dass die Substanzen, welche der Boden den Pflanzen liefert, von diesen je nach ihrer Organisation ausgewählt werden, wird endlich noch dadurch klar bewiesen, dass die Substanzen sehr ungleich in den verschiedenen Theilen desselben Gewächses vertheilt sind; so liefern die dicken Zweige der Eiche 0,012 Asche, welche 0,15 ihres Gewichtes alkalische Salze enthält, und die Rinde desselben Baumes giebt 0,06 Asche, in welcher man nur 0,05 alkalische Salze findet, und welche keine Phosphorsäure, dagegen mehr als 0,07 Manganoxyd enthält. Die Asche des Weizenstrohs besteht fast allein aus kieselsaurem Kali, und die Körner enthalten fast nur phosphorsauren Kalk."

[146]) Wiegmann und Polstorff: *Ueber die anorganischen Bestandtheile der Pflanzen, oder Beantwortung der Frage: Sind die anorganischen Elemente, welche sich in der Asche der Pflanzen finden, so wesentliche Bestandtheile des vegetabilischen Organismus, dass dieser sie zu seiner völligen Ausbildung bedarf, und werden sie den Gewächsen von Aussen dargeboten?* Eine in Göttingen im J. 1842 gekrönte Preisschrift. Braunschweig 1842. — Die Verf. stellten vergleichende Versuche an, indem sie die folgenden Pflanzen theils in reinem Quarzsande, der mit Salpeter-Salzsäure ausgezogen war, bis sich nichts mehr auflöste, theils in einer künstlichen Ackererde von folgender Zusammensetzung *) vegetiren liessen:

1. Reiner Quarzsand	861,26
2. Schwefelsaures Kali	0,34
3. Trocknes Kochsalz	0,13
4. Gebrannter Gips	1,25
5. Geschlämmte Kreide	10,00
6. Kohlensaure Magnesia	5,00
7. Manganoxyd	2,50
8. Eisenoxyd	10,00
9. Alaunerde	15,00
10. Phosphorsaurer Kalk	15,60
11. Humussaures Kali	3,41
12. Humussaures Natron	2,22
13. Humussaures Ammoniak	10,29
14. Humussaurer Kalk	3,07
15. Humussaure Talkerde	1,97
16. Humussaures Eisenoxyd	3,32
17. Humussaure Alaunerde	4,64
18. Unlöslicher Humus (Humuskohle)	50,00
	1000,00.

5 Töpfe, mit reinem Quarzsande und mit der künstlichen Erde gefüllt, wurden am 21. April 1839 mit 3 Grammen Wicken, ebenso viel Buchweizen, Hafer, Gerste und Klee *(Trifolium pratense)* besäet, sowie am 10. Mai noch 2 Töpfe verschiedenen Inhalts mit etwas Tabakssamen. Die Töpfe waren vor atmosphärischem Staub und gegen Regen geschützt und bis zum Mittag der Morgensonne ausgesetzt und wurden, wenn es erforderlich war, des Abends mit doppelt destillirtem Wasser, von welchem die zuerst abgezogenen Portionen weggegossen waren, also ammoniakfreiem Wasser, begossen. Am 5.—8. Mai waren sämmtliche Samen in den ersten 10 Töpfen aufgelaufen und

*) Die Mengenverhältnisse der Bestandtheile sind analog einer von Sprengel analysirten fruchtbaren Ackererde genommen.

Digitized by Google

wickelung gelangten, während die in der künstlichen Ackererde wachsenden sehr normal und üppig gediehen und reife Samen her-

---

das Wachsthum war in der ersten Zeit in allen fast gleich stark; am 20. Mai lief der in künstliche Ackererde gesäete Tabak und am 2. Juni erst der in Sand gesäete auf und beide zeigten bis zur Entwickelung des 4. Blattes verhältnissmässig gleich freudiges Wachsthum. Seit Mitte des Juni zeigte sich aber das Wachsthum der Pflanzen in den verschiedenen Bodenarten sehr verschieden:

I. *Vicia sativa;* A. *in reinem Sande:* Die Pflanzen erreichten bis zum 4. Juli eine Höhe von 10 Zoll; am 6. und 7. Juli enfalteten sich einzelne Blüthen, welche auch sehr kleine Schoten ansetzten, die aber keine Samen enthielten und am 15. schon verwelkt waren. Sämmtliche Pflanzen, die schon unten gelbe Blätter zeigten, wurden mit den Wurzeln ausgezogen, mit destillirtem Wasser abgewaschen und eingeäschert. B. *In künstlicher Ackererde:* Mitte Juni 1½ Fuss hoch, blühte üppig, setzte vom 26. Juni an viele gesunde Schoten an, welche am 8. August schon reife und keimfähige Samen enthielten.

II. *Hordeum vulgare;* A. *in reinem Sande:* Am 30. Juni fast 1½ Fuss hoch und blühte unvollkommen, setzte aber keine Früchte an, und im Laufe des Monats Juli wurden die Spelzen und die Spitzen der Blätter gelb, weshalb am 1. August sämmtliche Halme herausgenommen wurden. B. *In künstlicher Ackererde:* Blühte am 25. Juni vollkommen, hatte zu dieser Zeit eine Höhe von 2½ Fuss und lieferte am 10. August reifen und vollkommenen Samen.

III. *Avena sativa;* A. *in reinem Sande:* Bis zum 30. Juni fast 1½ Fuss hoch, unvollkommen blühend, setzte keine Früchte ab; Spelzen und Spitzen der Blätter wurden im Juli gelb, weswegen die Halme am 1. August aufgenommen wurden. B. *In künstlicher Ackererde:* War am 28. Juni 2½ Fuss hoch, blühte vollkommen und lieferte am 16. August reifen und guten Samen.

IV. *Polygonum Fagopyrum;* A. *in reinem Sande:* Erreichte bis zu Ende des Monats Juni eine Höhe von 1½ Fuss und verästelte sich bedeutend, fing am 28. Juni an zu blühen und blühte bis zum September, doch ohne Früchte anzusetzen, und würde sicher noch länger fortgeblüht haben, wenn er nicht am 4. September, weil er gar zu viele Blätter verlor, aus dem Sande gezogen und wie oben behandelt worden wäre. B. *In künstlicher Ackererde:* Der Buchweizen wuchs sehr schnell, wurde 2½ Fuss hoch, verästelte sich ausserordentlich stark, fing schon am 15. Juni an zu blühen und setzte vollkommen reife Samen an, die am 12. August grösstentheils schon reif waren. Am 4. September wurde derselbe, zum Theil noch blühend und mit unreifen Früchten, weil er unten viele Blüthen verlor, sammt den Wurzeln aus dem Boden gezogen und wie oben behandelt.

V. *Nicotiana Tabacum;* A. *in reinem Sande:* Als die Pflänzchen das zweite Paar Blätter erhalten hatten, wurden die überflüssigen herausgezogen, so dass nur die 5 kräftigsten stehen blieben; diese wuchsen sehr langsam bis zum Eintritte des Frostes im October fort, erhielten aber nicht mehr als 4 Blätter und erreichten nur die Höhe von 3 Zoll, ohne einen Stengel zu bilden; am 21. October wurden sie aus dem Sande gezogen. B. *In künstlicher Ackererde:* Es blieben nur 3 der kräftigsten Pflänzchen stehen; diese bekamen über 3 Fuss hohe Stengel und viele Blätter, fingen am 25. Juli an zu blühen, setzten am 10. August schon Samen an und lieferten den 8. September einzelne reife Samenkapseln mit vollkommenen Samen. Am 21. October wurden sie aufgenommen.

VI. *Trifolium pratense;* A. *in reinem Sande:* Wuchs im Anfange freudig, hatte aber bis zum 15. October nur eine Höhe von

Digitized by Google

vorbrachten; die Analyse der verschiedenen Pflanzenaschen, verglichen mit derjenigen der Samen, deren man sich bedient hatte,

---

3½ Zoll erreicht, als seine Blätter plötzlich braun wurden, weshalb er herausgezogen werden musste. B. *In künstlicher Ackererde:* Hatte am 15. October die Höhe von 10 Zoll, war dunkelgrün und buschig, als er zu dieser Zeit aus dem Boden mit den Wurzeln ausgezogen wurde.

Die Asche der zu den Versuchen verwandten Samen verhielt sich folgendermaassen:

100 Theile trockner Substanz lieferten:	in Wasser löslich:	in Salzsäure löslich:	Kiesel-erde:	zusammen Proc. Asche:
Vicia faba	1,562	0,563	0,442	2,567
Hordeum vulgare . .	0,746	0,563	1,123	2,432
Avena sativa	0,465	0,277	2,122	2,864
Polygonum Fagopyrum	0,823	0,547	0,152	1,522
Trifolium pratense .	1,218	3,187	0,282	4,687.

Aschenbestandtheile der in reinem Sande und in künstlichem Boden gewachsenen Pflanzen.

		liefern im Wasser	in Salzsäure	in beiden unlösliche (Kieselerde)	im Ganzen Aschenbestandtheile Gr.	für Einsaat gehen ab	also bleiben Proc. *)
Vicia sativa, 15 Gr. lufttrockner Pflanze	im Sand	0,516	0,375	0,135	1,026	0,077	0,949 = 6,32
	in künstl. Ackererde	0,693	0,821	0,320	1,834	0,077	1,757 = 11,71
Hordeum vulgare, 12,5 Gr. Pflanze	Sand	0,123	0,195	0,355	0,673	0,073	0,600 = 4,8
	künstl. Ackererde	0,167	0,226	0,487	0,880	0,073	0,807 = 6,4
Avena sativa, 13 Gr. Pflanze	Sand	0,216	0,024	0,354	0,594	0,086	0,509 = 3,9
	k. Ackererde	0,255	0,030	0,461	0,746	0,086	0,660 = 5,07
Polygonum Fagopyrum	Sand (12 Gr.)	0,086	0,094	0,045	0,255	0,045	0,210 = 1,6
	künstl. Ackererde (12,7 Gr.)	0,148	0,226	0,133	0,507	0,045	0,462 = 3,63
Nicotiana Tabacum	Sand (4Gr. Pflz.)	0,223	0,252	0,031	0,506		
	kstl. Ackererde (21,5 Gr. Pflz)	1,146	2,228	0,549	3,923		
Trifolium pratense 14,5 Gr. Pflanze	Sand	0,522	0,350	0,091	0,963	0,139	0,824 = 5,67
	kstl. Ackererde	0,659	0,943	0,082	1,684	0,139	1,545

*) Für die Vegetationsperiode.

Gewichtszunahme der unorganischen Substanzen, während des Verlaufes der

zeigte in beiden Fällen eine Zunahme von unorganischer Substanz, die aber bei den in der künstlichen Ackererde vegetirenden Pflanzen weit bedeutender war als bei den im Sande wachsenden; dieser letztere bestand nämlich nicht aus reiner Kieselerde, sondern enthielt noch einige Silicate, welche durch Salpetersalzsäure nicht zersetzt wurden, deren Quantität freilich nicht bedeutend, aber doch hinlänglich war, den Ueberschuss von unorganischen Substanzen, der sich bei diesen Versuchen ergeben hat, und eine stärkere

---

Der zu den Versuchen gebrauchte Quarzsand war keine reine Kieselerde, sondern mit verschiedenen Silikaten gemengt, die durch Salpetersäure nicht zersetzt wurden, deren Quantität die nachfolgende Analyse zeigt:

Kieselerde	97,900
Kali	0,320
Alaunerde	0,876
Eisenoxyd	0,315
Kalkerde	0,484
Talkerde	0,009
	99,904.

Die in dem Sande enthaltenen Silikate werden durch den dauernden Einfluss der Atmosphäre und namentlich durch kohlensäurehaltiges Wasser nach und nach zersetzt und deren Bestandtheile in kleiner Menge unaufhörlich den Pflanzen zugeführt. Die hier wirksame Kohlensäure wird nach W. und P. namentlich von den Wurzeln der Pflanzen ausgehaucht; sie setzten nämlich einige lebende Pflanzen mit ihren *unverletzten*, wohl gewaschenen Wurzeln in eine wässerige Lakmusauflösung und liessen solche darin vegetiren. Schon nach kurzer Zeit veränderte sich die blaue Farbe des Lakmuswassers in die rothe, und durch Kochen dieser gerötheten Flüssigkeit wurde, unter Entweichung von Kohlensäurebläschen, die ursprüngliche blaue Farbe wieder hervorgebracht.

Es wurde ferner der folgende Versuch von W. und P. angestellt: Ein Platintiegel, angefüllt mit dem feinsten Platindraht, wurde mit destillirtem Wasser befeuchtet und unter die obere Schicht des Drahtes 30 Samenkörner von *Lepidium sativum* gelegt; der Tiegel auf einen Teller gesetzt und mit einer tubulirten Glasglocke, welche unten mit Talg bestrichen war, bedeckt. Durch eine künstlich bereitete atmosphärische Luft, bestehend aus 21 Maass Sauerstoff, 78 Stickstoff und 1 Kohlensäure, wurde die in der Glasglocke enthaltene Luft verdrängt. Vermittelst einer langen Pipette wurde den Pflänzchen das nöthige destillirte Wasser gegeben, welches freilich, da keine Verdunstung stattfand, nur einmal nöthig war, und alle 8 Tage die Luft der Glocke durch frische, von derselben Temperatur, mit Hülfe des Gasometers erneuert. Die Samen keimten nach Verlauf zweier Tage, entwickelten später Blätter und die Pflänzchen schienen sich ganz wohl zu befinden, erreichten eine verschiedene Höhe, einige von 2, andere von 3 Zoll, während eines Zeitlaufs von 26 Tagen, wo sie anfingen gelb zu werden und abzusterben. Zwei Samenkörner hatten sich nicht keimfähig gezeigt. Die 28 Pflänzchen wurden nun aus dem Apparat genommen und getrocknet, wobei sie trotz der kümmerlichen Entwickelung doch ganz den der Kresse eigenthümlichen scharfen Geruch zeigten, darauf im Platintiegel verbrannt. Sie lieferten eine Asche von 0,0025 Grammen. 28 gute Samenkörner von *Lepidium sativum* wurden nun ebenfalls eingeäschert und gaben bis auf eine unbedeutende Schwankung 0,0025 Asche, also ganz dieselbe Quantität als die Pflanzen.

Digitized by Google

Vegetation als bei einigen späteren Versuchen mit der Kresse zu veranlassen. „Dieses scheint deutlich aus der Analyse der *Nicotiana*, welche besonders lehrreich ist, hervorzugehen, da der Gehalt der Asche derselben nur diejenigen Substanzen betraf, welche in dem Sande vorhanden waren. Durch die gänzliche Abwesenheit der Schwefel- und Phosphorsäure und des Chlors, in dem erwähnten Versuche, sowie die aufgefundenen Spuren dieser Substanzen in den übrigen Versuchen überhaupt, welche hierbei einzig und allein durch die Aussaat hineingekommen sind, scheint es hinlänglich erwiesen zu sein, dass die Pflanzen nur solche unorganische Substanzen enthalten, die denselben von Aussen dargeboten werden; und ferner, dass, wenn solche unorganische Substanzen, die zu ihrer Constitution gehören, nicht in hinreichender Menge vorhanden sind, oder mit andern Worten gesagt, wenn sie an den Processen, die während der Vegetation vorgehen, keinen hinreichenden Antheil mehr nehmen können, die Vegetation gestört wird und die Pflanzen von diesem Punkte an den Gesetzen der anorganischen Natur anheimfallen. Dass die im Sande gezogenen Pflanzen keine, oder doch nur unvollkommene Früchte angesetzt haben, ist wohl aus dem Mangel an stickstoffhaltiger Materie, Schwefel- und Phosphorsäure, nebst Chlor, zu erklären, weil diese bei dem Fruchtbildungsprocesse eine bedeutende Rolle zu spielen scheinen.“ Um endlich zu beweisen, dass die Menge der unorganischen Bestandtheile auf keine Weise durch den Lebensprocess vermehrt werde, liess man in einem mit feinem Platindraht angefüllten Platintiegel und in einer künstlichen atmosphärischen Luft Samenkörner von Kresse keimen und vegetiren, bis die Pflänzchen anfingen abzusterben; es zeigte sich, dass diese dann genau dieselbe Menge an unorganischer Substanz enthielten, als in den angewandten Samenkörnern enthalten gewesen war.

Aus den angeführten Versuchen und Analysen geht also klar und deutlich hervor, dass das Wachsthum der Pflanzen sehr behindert und fast ganz unterdrückt wird, sobald nicht eine gewisse Menge unorganischer Substanz in einem auflöslichen Zustande in dem Boden zugegen ist und den Pflanzen als Nahrungsmittel dargeboten wird. Die Analysen Saussure's und Berthier's bewiesen ferner schon, dass verschiedene Pflanzen auch besondere anorganische Stoffe in sich aufnehmen und assimiliren, und dass wiederum besondere Stoffe erforderlich sind, um die üppige Entwickelung einzelner Pflanzentheile zu begünstigen, indem die Früchte und Samen andere anorganische Körper in ihrer Asche vorwaltend enthalten, als man in den Halmen, Blättern oder Zweigen antrifft [147]). Die neueren Untersuchungen bestätigen diese Beobach-

[147]) Wir machen hier nur auf folgende, von Saussure ausgeführten Aschenanalysen verschiedener Theile der Eiche aufmerksam, welche gar sehr verdienen, wiederholt und auf andere Pflanzen ausgedehnt zu werden.

Digitized by Google

tungen, und namentlich fand Sprengel[148]), dass die feuerfesten Bestandtheile in den Baumstämmen vom Kerne aus nach der Rinde

	Asche in 1000 Th. der grünen Pflanze.	Asche in 1000 Th. d. trocknen Pflanze.	Wasser in 1000 Th. der grünen Pflanze.	100 Theile Asche enthalten: in Wasser lösliche Salze.	phosphorsaure Salze.	kohlensaure Salze.	kieselsaure Salze.	Metalloxyde.	Verlust.
Blätter der Eiche, 10. Mai	13	53	754	47	21	0,12	3	0,64	25,24
desgl., 27. Septbr.	24	55	594	17	18,25	0,23	14,5	1,75	25,5
Von Bast befreite Zweige	—	—	—	26	28,5	12,25	0,12	1	32,58
Rinde derselben . .	—	60	—	7	4,5	63,25	0,25	1 75	22,75
Kernholz	—	2	—	38,3	7,5	32	2	2,25	20,65
Splint	—	4	—	32	24	11	7,5	2	23,5
Rinde vom Stamme .	—	60	—	7	3	66	1,5	2	31,5
Bast der Rinde . . .	—	73	—	7	3,75	65	0,5	1	22,75
Eichenholzextract .	—	61	—	51	—	—	—	—	—
Erdkrume v. Eichenholz	—	41	—	24	10,5	10	32	14	8,5
Extract aus dieser Erde	—	111	—	66	66	—	—	—	—

[148]) *Ueber die feuerfesten Bestandtheile des Splintes, des mittleren Holzkörpers und des Kernholzes;* J. f. pr. Ch. I. 158 – 160. a) Feuerfeste Bestandtheile des Kernholzes, b) des mittlern Holzkörpers, c) des Splintes in 100,000 Gewichtstheilen des lufttrocknen, zu Asche verbrannten Holzes:

	a.	b.	c.
Kieselerde . .	0,010	— 0,018	— 0,025
Thonerde . .	0,005	— 0,006	— 0,006
Kalkerde . .	0,084	— 0,091	— 0,165
Manganoxyd .	0,000	— 0,003	— 0,004
Eisenoxyd . .	0,003	— 0,004	— 0,005
Kali	0,073	— 0,095	— 0,153
Natron . . .	0,035	— 0,041	— 0,066
Schwefelsäure	0,051	— 0,034	— 0,018
Phosphorsäure	0,006	— 0,009	— 0,060
Chlor . . .	0,006	— 0,006	— 0,008
Talkerde . .	0,003	— 0,004	— 0,022
	0,276	0,311	0,532.

Aus diesen Untersuchungen ist ersichtlich, dass die feuerfesten Bestandtheile vom Kerne aus nach der Rinde zu immer mehr zunehmen, wobei jedoch die Schwefelsäure eine Ausnahme macht, indem sich diese im Kerne in grösster Menge vorfindet. Woher es nun rührt, dass der Kern des Holzes weniger feuerfeste Theile als der zwischen Splint und Kern befindliche Holzkörper enthält, während dieser wieder weniger als der Splint besitzt, dürfte daraus zu erklären seln, dass diejenigen feuerfesten Theile, welche nicht zur chemischen Constitution der Holzfaser gehören, sondern nur als Ablagerungen in den Zwischenräumen der Holzgefässe zu betrachten sind, von den auf- und niedersteigenden Säften des Baumes allmählig aufgelöst und fortgeführt werden. Je länger daher dieses stattgefunden hat, um so ärmer muss auch das Holz an feuerfesten Körpern sein.

Digitized by Google

zu immer mehr zunehmen; Johnston[149]) untersuchte die Aschenmenge in den verschiedenen Theilen der Getreidearten und beobachtete unter anderm, dass bei einigen der Aschengehalt im Stroh mit der Entfernung von der Wurzel abnimmt, bei andern dagegen zunimmt; Vogel bemerkte in der Asche des Stammes, der Blätter und der Früchte von *Pyrus spectabilis*, dass die Menge der phosphorsauren Salze vom Stamme bis zur Frucht bedeutend an Menge zunehme, während die Quantität der kohlensauren Salze sich vermindere[150]).

Die Mineral-Basen, welche in den Pflanzen sich vorfinden, sind nun zum grossen Theile in der lebenden Pflanze mit eigenthümlichen Säuren, die je nach der Beschaffenheit des Gewächses verschieden sind, verbunden, welche niemals gänzlich fehlen. Es

---

[149]) Vgl. Mulder's *physiolog. Chemie*, S. 695 u. 696: „Johnston *(Agriculturchemie*, S. 43) giebt in Bezug auf den Aschengehalt verschiedener Pflanzentheile folgendes Verhältniss an:

Asche in 1000 Theilen:			
Hafer	35	Haferstroh	60
Bohnen	30		
Erbsen	28	Erbsenstroh	50
Gerste	20	Gerstenstroh	50
Türkischer Weizen	15	Stroh von türkischem Weizen	50
Roggen	10	Roggenstroh	30
Weizen	12	Weizenstroh	50.

Die vorstehenden Zahlen beweisen, dass die verschiedenen Pflanzen verschiedene Mengen der unorganischen Stoffe bedürfen, und dass daher jede eine besondere Cultur verlangt; zugleich ergiebt sich daraus, dass man das Productionsvermögen des Bodens durch Zuführung einer überflüssigen Menge unorganischer Stoffe nicht vergrössern kann. Bei dem Roggen und dem Weizen wird man dadurch zwar eine reichlichere Ernte von Stroh erzielen, aber die Anzahl und das Gewicht der Körner wird sich nicht bedeutend vermehren. Johnston bemerkt (S. 45), dass der Aschengehalt im Stroh mit der Entfernung von der Wurzel zunimmt, in der Weise, dass, wenn das unterste Viertel eines Halmes von Weizenstroh 3 bis 4 Theile Asche hinterlässt, das folgende Viertel 5 bis 6 Theile, das nächste 6 bis 7 Theile und das oberste 8 bis 9 Theile Asche giebt. Dagegen enthält Hafer- und Roggenstroh die grösste Menge unorganischer Stoffe in den untersten Theilen."

[150]) *Ueber die Vertheilung der Mineralsubstanzen in den einzelnen Organen der Pflanze;* v. Dr. A. Vogel jun. Lieb. Ann. LI. 139—143.

Asche von *Pyrus spectabilis.* Der in Wasser lösliche Theil der Asche des Stammes beträgt 4 Proc., der Blätter 7 Proc. und der Frucht 33,1 Proc.

Stamm:		Früchte:	
Kohlensaure Alkalien	4,6	Kohlensaure Alkalien	19
Kohlensaurer Kalk	82,2	Phosphorsaure Alkalien	14,1
Kohlensaure Bittererde	4,9	Kohlensaurer Kalk	37
Phosphorsaure Kalk- u. Bittererde	8,8	Kohlensaure Bittererde	5,52
		Phosphorsaure Kalk- u. Bittererde . . .	18,6
		Kieselerde	3,7
	100,5		97,92

Digitized by Google

ist ferner, nach Liebig, kein Grund zu der Annahme vorhanden, dass die Pflanze im Zustande der freien ungehinderten Entwickelung mehr von der ihr eigenthümlichen Säure producire, als sie gerade zu ihrem Bestehen bedarf; in diesem Falle aber wird eine Pflanze, auf welchem Boden sie auch wachsen mag, stets eine nie wechselnde Menge alkalischer Basis enthalten; nur die Cultur wird hierin eine Abweichung bewirken können. Es stimmt mit der Erfahrung überein, dass einzelne Stoffe, namentlich Kali und Natron, sich gegenseitig vertreten können, je nachdem die eine oder die andere Basis aus dem Boden den Vegetabilien dargeboten wird; Liebig hat nun aus diesen Thatsachen ein allgemeines Gesetz ableiten zu können geglaubt, in der Art nämlich, dass er annimmt, „dass sich alle alkalischen Basen in ihrer Wirkungsweise vertreten können; es muss also, wenn eine Basis in einer Pflanze, deren Bestandtheile man vergleicht mit denen einer andern Pflanze derselben Art, fehlt, diese ersetzt und vertreten sein durch eine andere von gleichem Wirkungswerthe, sie muss ersetzt sich vorfinden durch ein Aequivalent von einer der andern Basen. Die Anzahl der Aequivalente dieser Basen wäre hiernach eine unveränderliche Grösse, und hieraus würde von selbst die Regel gefolgert werden müssen, dass die Sauerstoffmenge aller alkalischen Basen zusammengenommen unter allen Umständen unveränderlich ist, — auf welchem Boden die Pflanze auch wachsen, welchen Boden sie auch erhalten mag [151]).“ Auf Veranlassung Liebig's sind in dem

---

Blätter:	
Kohlensaure Alkalien mit Spuren von Chlornatrium Schwefelsaures Kali und phosphorsaure Alkalien	6,8
Kohlensaurer Kalk	72,9
Kohlensaure Bittererde	9,76
Phosphorsaure Kalk- und Bittererde	10,5
	99,96.

Vergleicht man die Zusammensetzung dieser drei Aschen, so lassen sich daraus folgende Schlüsse ziehen:

1) Die Menge der in Wasser löslichen Salze mehrt sich vom Stamm bis zur Frucht und zwar fast genau um das Achtfache; die Mengen derselben verhalten sich in den drei Aschen wie 1 : 2 : 8. Es fehlt hier offenbar eine Uebergangsstufe zwischen 2 und 8, welche vielleicht durch die Blüthen gebildet wird.

2) Die phosphorsauren Salze nehmen vom Stamm bis zur Frucht um das Vierfache zu und zwar auf Kosten der kohlensauren Verbindungen, welche von 86 Proc. im Stamm bis zu 45 Proc. in der Frucht sich mindern.

Um die Zunahme der Phosphorsäure in der Asche vom Stamm bis zur Frucht noch in einem andern Beispiele nachzuweisen, untersuchte ich die drei Aschen von *Sambucus nigra* speciell auf Phosphorsäure; ich fand in der Asche des Stammes 10,5 Proc. Phosphorsäure, in den Blättern 13,6 Proc., in den Früchten 20,3 Proc.

[151]) Liebig: *Agriculturchemie*, 1ste Aufl. 1840. S. 87 u. ff. und 5te Aufl. 1843. S. 85 u. ff. „Dieser Schluss bezieht sich, wie sich von selbst versteht, nur auf diejenigen alkalischen Basen, welche als pflanzensaure Salze Bestandtheile der Pflanzen ausmachen; wir finden nun

Digitized by Google

Giessener Laboratorium im Verlaufe der letzten Jahre eine grosse Anzahl von Aschenanalysen vorgenommen worden, die durchgängig

---

grade diese in der Asche derselben als kohlensaure Salze wieder, deren Qualität leicht bestimmbar ist. Die in der Rinde enthaltenen Basen gehören dem lebendigen Organismus nicht mehr an." — Liebig führt zur Stütze seiner Behauptung einige Analysen von de Saussure und Berthier (s. oben) an:

100 Theile Fichtenasche vom *Mont Breven* enthalten:

Kohlensaures Kali . .	3,60	Sauerstoffgehalt des Kali's .	0,415
Kohlensauren Kalk .	46,34	„ „ Kalks . .	7,327
Kohlensaure Bittererde	6,77	„ der Bittererde	1,265
Summe d. kohlens. Salze	56,71	in Summa Sauerstoff	9,007.

100 Theile Fichtenasche vom *Mont La Salle* enthalten:

Kohlensaures Kali . .	7,36	Sauerstoffgehalt des Kali's	0,85
Kohlensauren Kalk . .	51,19	„ „ Kalks	8,10
Bittererde	0,00		
Summe d. kohlens. Salze	58,55	In Summa Sauerstoff	8,95.

„Vergleicht man Berthier's Analysen von zwei Tannenaschen mit einander, von der die eine in Norwegen, die andere in *Allevard* (Dep. *de l'Isère*) vorkommt, so findet man in der einen 50 Proc., in der andern nur 25 Proc. lösliche Salze; es giebt kaum in zwei ganz verschiedenen Pflanzengattungen eine grössere Verschiedenheit in dem Gewichtsverhältniss der darin vorkommenden alkalischen Basen, und dennoch sind die Sauerstoffmengen der Basen zusammengenommen einander gleich.

100 Theile Tannenholzasche von *Allevard* enthielten:

Kali und Natron	16,8	Sauerstoffgehalt	3,57
Kalk	29,6	„ „	8,36
Magnesia . .	3,3	„ „	1,26
	49,7		13,19.

Das Kali und Natron ist in dieser Asche nur zum Theil mit Pflanzensäure verbunden; in 100 Theilen sind 0,797 Schwefelsäure, 3,12 Phosphorsäure und 0,077 Chlorwasserstoffsäure, welche zusammen eine Quantität Basis neutralisiren, die 0,53 Sauerstoff enthält. Man hat also 12,66 für die Sauerstoffmenge der an Pflanzensäuren gebundenen alkalischen Basen.

Das Tannenholz von Norwegen enthält in 100 Theilen:

Kali	14,1	Sauerstoffgehalt	2,4
Natron	20,7	„ „	5,3
Kalk	13,6	„ „	3,82
Magnesia	4,35	„ „	1,69
	52,75		13,21.

Zieht man von 13,21 die Sauerstoffmengen der Basen ab, die in dieser Asche mit Schwefelsäure und Phosphorsäure vereinigt sind, nämlich 0,79, so bleiben für Sauerstoff in den Basen der pflanzensauren Salze 12,42." — „Genaue und zuverlässige Untersuchungen der Asche von Pflanzen derselben Art, welche auf verschiedenen Bodenarten gewachsen sind, erscheinen hiernach als eine für die Physiologie der Gewächse höchst folgenreiche Aufgabe; sie werden entscheiden, ob sich diese merkwürdige Thatsache zu einem bestimmten Gesetze für eine jede Pflanzenfamilie gestaltet, ob also eine jede noch ausserdem durch eine gewisse unveränderliche Zahl charakterisirt werden kann, welche der Ausdruck des Sauerstoffgehalts der Basen ist, die in der Form von pflanzensauren Salzen ihrem Organismus angehören."

Digitized by Google

nach der von Will und Fresenius mitgetheilten analytischen Methode ausgeführt wurden; man findet diese Analysen in der Anmerkung [152]) ausführlich und übersichtlich zusammengestellt, wo

---

[152]) Die hohe Bedeutung, welche diese von Liebig ausgesprochenen Ansichten für die Pflanzenphysiologie und namentlich für die ganze Behandlung der praktischen wie der theoretischen Landwirthschaft haben würden, wenn sie in der Allgemeinheit, in welcher sie aufgestellt worden sind, sich als richtig erweisen liessen, veranlasst uns, eine ausführliche Uebersicht über die in neuerer Zeit, namentlich zur Prüfung der Liebig'schen Gesetze, ausgeführten Analysen von Pflanzenaschen hier mitzutheilen. Eine solche Uebersicht ist ganz vor Kurzem von Knop geliefert worden; wir werden hier seinem Vorgange folgen und die einzelnen Analysen nach den natürlichen Pflanzenfamilien zusammengruppiren, so dass man mit einem Blicke ein deutliches Bild sich verschaffen kann von den quantitativen Verhältnissen der unorganischen Substanzen, welche in den Pflanzen, die in botanischer Hinsicht einander nahe stehen, enthalten sind; wir glauben jedoch jenes Verzeichniss mit den von Wiegmann, Forchhammer, Kane u. A. veröffentlichten Analysen vervollständigen zu müssen, da diese gleichfalls unser völliges Vertrauen zu verdienen scheinen, und werden auch ferner in der Aufführung der analytischen Resultate im Einzelnen von Knop in der Art abweichen, dass wir hier die verschiedenen Analysen so viel wie möglich unter einen und denselben Gesichtspunkt zu bringen versuchen und die zu diesem Zwecke erforderlichen Berechnungen vornehmen, wo solche nicht schon von den Verfassern selbst in Ausführung gebracht worden sind. Wir werden ferner, wo bei den einzelnen Analysen etwas Bemerkenswerthes sich ergeben hat, auch dieses in der Kürze erwähnen, und endlich nöthigt uns die Wichtigkeit des Gegenstandes, von der im Allgemeinen von uns bei der Ausarbeitung dieses Werkes befolgten Regel insofern abzuweichen, dass wir, mit Uebergehung des im Allgemeinen sich gleich Bleibenden, die Eigenthümlichkeiten einer jeden Methode, die bei der Ausführung der mitgetheilten Analysen in Anwendung gekommen ist, mit wenigen Worten charakterisiren, da in der Methode vielleicht manchmal grössere oder geringere Abweichungen in den Zahlenverhältnissen der gefundenen Resultate begründet sein mögen.

Wie gesagt, werden wir uns hier durchaus nur auf die in ganz neuer Zeit ausgeführten Analysen, bei denen wir voraussetzen können, dass alle der Wissenschaft gegenwärtig zu Gebote stehenden genaueren Methoden und Vorsichtsmaassregeln angewandt worden sind, beschränken müssen, und namentlich können wir bei dieser Uebersicht auf die zahlreichen Analysen, die von Einhof und besonders von Sprengel über eine grosse Menge von Pflanzenaschen in älterer und neuerer Zeit angestellt worden sind, keine Rücksicht nehmen, indem diese, worauf auch Liebig (*Agriculturchemie*, 6te Aufl. S. 206) noch vor Kurzem aufmerksam gemacht hat, zu grosse Abweichungen von den übrigen bekannten, dieselben Pflanzen betreffenden Analysen zeigen, als dass man ihnen nur einiges Zutrauen schenken könnte. Wir haben aus den von Sprengel mitgetheilten Daten über die mineralischen Bestandtheile des Weizens, Roggens, Hafers, der Gerste und Erbsen (C. Sprengel: *Ueber die feuerfesten Bestandtheile unserer gewöhnlichen Getreide-Körnerarten;* Erdm. Jour. f. techn. u. ökon. Ch. X. S. 344—351. 1831) wie auch einiger Holzarten (C. Sprengel: *Chemische Untersuchung der cultivirten Holzarten auf ihre feuerfesten Bestandtheile;* Erdm. Journ. f. techn. u. ök. Ch. XIII. 382—388 u. 474—487. 1832) die procentischen Verhältnisse berechnet, um dieselben mit den weiter unten anzuführenden einer nähern Vergleichung unterwerfen zu

Digitized by Google

auch der in den anderen Laboratorien vorgenommenen Untersuchun

---

können. Man sieht aus ihnen, dass Sprengel z. B. in der Asche der Weizenkörner, Erbsen, Bohnen, Roggen, die, wie Saussure schon nachwies und in der neuesten Zeit bestätigt gefunden ist, fast allein aus phosphorsauren Salzen besteht und sehr wenig oder gar keine Kieselerde enthält, eine sehr bedeutende Quantität der letzteren und dagegen eine fast verschwindende Menge Phosphorsäure gefunden hat. Es scheint nicht annehmbar zu sein, dass so beträchtliche Unterschiede in der verschiedenen Zusammensetzung der Bodenarten, auf welchen die Pflanzen cultivirt wurden, allein ihren Grund haben könnten.

	Weizen. In 100 Theilen 1,177 Asche.	Roggen. In 100 Th. 1,040 Asche.	Hafer. In 100 Th. 2,580 Asche.	Gerste. In 100 Th. 2,349 Asche.
Kali	19,12	51,15	5,81	11,83
Natron	20,39		5,11	12,34
Kalk	8,15	11,73	3,33	4,51
Magnesia	7,64	4,23	2,60	7,66
Thonerde	2,21	2,31	0,55	1,06
Eisenoxyd	Spur	4,04	1,55	Spur
Manganoxyd		3,26	—	—
Kieselerde	33,90	15,77	76,59	50,32
Schwefelsäure	4,25	2,21	1,35	2,12
Phosphorsäure	3,90	4,42	2,71	8,94
Chlor	0,84	0,86	0,39	0,81

	Erbsen. In 100 Th. 2,464 Asche.	*Quercus Robur.* (Eichenholz.) In 100 Th. 0,208 Asche.	*Fagus sylvatica.* (Rothbuchenholz.) In 100 Th. 0,365 Asche.	Runkelrübe. (Wurzel.) In 100 Th. 5,986 Asche.
Kali	32,87	31,73	24,93	24,74
Natron	30,00	6,73	2,47	53,09
Kalk	2,43	17,30	27,40	4,76
Magnesia	5,52	1,44	6,57	2,34
Thonerde	0,85	2,40	2,19	0,33
Eisenoxyd (phosphors.)	0,42	3,26	15,07 Eisenoxyd	0,97
Kieselerde	—	26,92	5,20	1,75
Schwefelsäure	16,64	3,36	7,13	2,05
Manganoxyd	2,15	4,32	7,39	—
Phosphorsäure	7,71	—	—	2,80
Chlor	1,54	2,40	1,64	6,34.

Die Mehrzahl der im Folgenden mitgetheilten Aschenanalysen ist im Liebig'schen Laboratorium, nach einer von Will und Fresenius herrührenden Methode und unter der Leitung dieser Chemiker, ausgeführt worden; wir werden hier von dieser Methode anführen, was sie bei der Bestimmung einzelner Bestandtheile der Pflanzenaschen Eigenthümliches darbietet. Hölzer, sperrige Kräuter und Wurzeln verbrennt man am besten, nach vorhergegangenem scharfen Trocknen, auf einer eisernen Platte; Blätter, Früchte und Samen in einem hessischen, zwischen glühenden Kohlen schief stehenden Schmelztiegel; zuweilen muss man ein mehrtägiges Glühen anwenden, bis alle oder der grösste Theil der von den phosphorsauren Salzen eingeschlossenen Kohle verbrannt ist; man darf keine zu hohe Temperatur anwenden, damit die an alkalischen Salzen reichen Aschen nicht schmelzen oder weich werden, und auch muss man die in dem Tiegel verkohlte Substanz nicht umrühren oder bewegen, weil hierdurch der Luftzutritt durch das Zusammenfallen des Aschen-Skeletts gehindert werden würde. Wenn es

Digitized by Google

gen Erwähnung geschehen ist. Das Resultat der von Will und

---

nöthig ist, wird die Asche zum Schluss noch in einer flachen Platinschale unter stetem Umrühren über der Spirituslampe in schwachem Glühen erhalten, alsdann noch warm zu dem feinsten Pulver zerrieben und in ein gut verschliessbares Glas gebracht. A. *Aschen mit vorwaltenden kohlensauren und phosphorsauren Salzen.* Zunächst nach dem Aufschliessen mit Salzsäure wird die Kieselerde, Kohle und der Sand auf bekannte Weise bestimmt. Die saure Auflösung theilt man in 3 oder 4 gleiche oder beinahe gleiche Portionen: a) Bestimmung des Eisenoxyds und der alkalischen Erden. Die Flüssigkeit sättigt man mit Ammoniak und fügt nun essigsaures Ammoniak und so viel freie Essigsäure hinzu, dass die Flüssigkeit deutlich und stark sauer reagirt. Der Niederschlag ist phosphorsaures Eisenoxyd und besteht aus $2Fe^2O^3+3PO^5$. In der abfiltrirten Flüssigkeit bestimmt man den Kalk und die Bittererde; bei Gegenwart von viel Manganoxyd muss man dieses vorher durch Schwefelammonium fällen. b) Bestimmung der Alkalien. Die Auflösung wird mit Barytwasser versetzt, das Ueberschüssige durch kohlensaures Ammoniak und Ammoniak gefällt und die Alkalien wie gewöhnlich bestimmt. c) Die Schwefelsäure wird durch Chlorbaryum bestimmt und in dem Filtrat die Phosphorsäure auf die Art gefällt, dass man, nach der Sättigung mit Ammoniak, essigsaures Ammoniak und so viel einer völlig schwefelsäurefreien Eisenchloridlösung zusetzt, bis die Flüssigkeit anfängt roth zu werden. Die Flüssigkeit wird dann so lange gekocht, bis alle Phosphorsäure, an Eisenoxyd gebunden, gefällt und die Auflösung farblos geworden ist. Nach dem Glühen und Wägen löst man in Salzsäure auf, setzt Weinsäure zu und fällt das Eisen mittelst Schwefelammonium und bestimmt das Eisen als Oxyd. Chlor und Kohlensäure werden in besonderen Portionen der Asche bestimmt. B. *Aschen mit vorwaltender Kieselerde.* Die Asche wird, weil sie sich gewöhnlich durch Säure nicht vollständig aufschliessen lässt, mit reiner Kali- und Natronlauge zur Trockne eingedampft, in verdünnter Salzsäure aufgelöst und wie oben verfahren. Die Alkalien werden in einer besondern Portion bestimmt, nachdem diese mit dem vierfachen Gewicht Barythydrat geglüht worden ist.

Erdmann hat bei der Einäscherung von Pflanzen oder Pflanzentheilen einige Beobachtungen gemacht, die erwähnt zu werden verdienen. Nach seiner Methode geschieht die Einäscherung in einem eignen Muffelofen, bei welchem zur Verstärkung des Luftzuges aus der Muffel in den Schornstein ein Rohr führt. Die zu verbrennenden Pflanzentheile werden auf viereckigen, porcellanenen oder thönernen, aus Chamottmasse verfertigten Kapseln in die Muffel gestellt und diese durch Torfheizung in ein gleichmässiges Dunkelrothglühen gebracht. Die locker aufgehäuften Samen brennen sich auf diese Art gewöhnlich in 4—5 Stunden vollkommen weiss und die Asche kommt nicht zum Schmelzen. Nur wenige Aschen, welche, wie die von Reis, sehr leichtflüssig sind, kann man auf diese Weise nicht behandeln. Wenn den im Muffelofen bereiteten Aschen noch Kohlentheilchen anhängen, so kann man sie nachher noch mit Salpetersäure in der Platinschale behandeln; jedoch natürlich nicht bei solchen Aschen, die, wie z. B. die Kartoffelasche, kohlensaure Salze enthalten; allein derartige Aschen brennen sich in der Muffel gewöhnlich leicht vollkommen weiss. Sehr zu beachten ist die Veränderung, welche die phosphorsauren Salze bei der Herstellung der Asche erleiden. Im Allgemeinen machte Erdmann die Bemerkung, „dass bei längerer Behandlung der Aschen, bei längerem Glühen mit Kohle in diesem Ofen die phosphorsauren Salze in die Modificationen mit mehr feuerfester Basis übergeführt werden. Ein angestellter Gegenversuch liess die Ursache davon leicht einsehen. Saures phosphor-

Digitized by Google

Fresenius oder unter deren Leitung ausgeführten Analysen von

---

saures Kali verlor, als es mit Zuckerkohle in einer bedeckten Thonkapsel geglüht wurde, bald seine saure Reaction und ging in zweibasisches über; nach länger fortgesetztem Glühen wurde dreibasisches Salz, welches die Silberlösung gelb fällt, erhalten. Roggenasche, welche in der Regel die Silberlösung weiss fällendes phosphorsaures Salz enthält, fällt, wenn sie längere Zeit in bedeckter Kapsel im hintern Theile der Muffel geglüht wird, die Silberlösung nachher gelb. Es wird hierbei also offenbar Phosphorsäure reducirt, ein Umstand, welcher sich aus der gewöhnlichen Erscheinung, dass Platintiegel, in denen man Samenaschen bei ungenügendem Luftzutritt glüht, verdorben werden, und namentlich bei denen, welche viel Kieselsäure enthalten, durch Wöhler's Methode, Phosphor darzustellen, leicht erklärt und lehrt, dass selbst unter den günstigsten Umständen, unter welchen die Pflanzentheile in der Muffel verbrennen, die wahre Zusammensetzung der unorganischen Bestandtheile nicht mit absoluter Genauigkeit ermittelt werden kann; dasselbe gilt für Chlor und Schwefel, von welchen beiden in den Aschen, die im Muffelofen erhalten werden, oft nur Spuren oder gar nichts mehr sich findet." Die von Erdmann angewendete Methode der Analyse ist die folgende: Die Asche wird in Salzsäure aufgelöst, zur Trockne abgedampft u. s. w.; die Flüssigkeit mit Ammoniak gefällt, filtrirt, das Filtrat eingedampft und geglüht. Man hat dann: 1) Kieselsäure und Sand; 2) phosphorsaure Oxyde und, wenn sie vorhanden sind, noch Thonerde und Eisenoxyd; 3) phosphorsaure und die übrigen Salze der Alkalien mit geringen Mengen gelöster phosphorsaurer Ammoniaktalkerde. Die phosphorsauren Alkalien werden aufgelöst und mit essigsaurem Bleioxyd gefällt; der Bleiüberschuss wird mit kohlensaurem Ammoniak entfernt; die Flüssigkeit mit Salzsäure versetzt, eingetrocknet u. s. w. Die phosphorsauren Erden, welche man gewogen hat, werden mit Natron und Kieselsäure zusammen geschmolzen und durch Auswaschen nachher das phosphorsaure Natron hinweggeschafft; die kieselsauren Erden dann mit Salzsäure aufgeschlossen u. s. w. „Ein merkwürdiger Umstand zeigte sich bei einer auf diese Weise ausgeführten Aschenanalyse vom Weizen. Beim Auflösen des phosphorsauren Kali's blieb eine weisse unlösliche Masse, welche nur sehr wenig Talkerde enthielt. Diese war in Essigsäure löslich. Nach Abscheidung der phosphorsauren Talkerde, Eindampfen und Glühen blieb die Masse abermals unlöslich; sie ergab sich als eine unlösliche oder wenigstens sehr schwerlösliche Modification von einbasisch-phosphorsaurem Kali."

Eine dritte Methode zur Analyse von Pflanzenaschen ist von Mitscherlich beschrieben und bei Untersuchung der Hefenasche in Anwendung gebracht worden. Mitscherlich verbrennt die Substanz in einem Glasrohr auf Silberblech (welches mit einem Platinblech umgeben ist) zuerst in einem Strome von Kohlensäure und sodann von Sauerstoffgas, wobei die Destillationsproducte in einer Vorlage aufgefangen werden. Das Silberblech mit dem Rückstande bringt man in einen Kolben und löst es in Salpetersäure auf, trocknet ein u. s. w. Die Lösung wird mit Ammoniak gefällt und der Niederschlag in Essigsäure gelöst, welche die phosphorsaure Thonerde und das phosphorsaure Eisenoxyd ungelöst zurücklässt. (Das phosphorsaure Eisenoxyd ist zwar in Essigsäure unlöslich, aber löslich in einer Flüssigkeit, die essigsaures Eisenoxyd aufgelöst enthält, und zwar mit intensiv rother Farbe. Aus dieser Auflösung kann man es durch Phosphorsäure oder eine andere Säure fällen, indem man die essigsaure Verbindung zerlegt.) Durch Ammoniak wird die phosphorsaure Kalkerde nicht vollständig gefällt, ja bei einem geringen Gehalt an phosphorsaurer Kalkerde und einem

Digitized by Google

Samenaschen kann man aus deren Abhandlung mit ihren eigenen Worten in dem Folgenden zusammenfassen: „Die Aschen der meisten Samen bestehen hauptsächlich aus phosphorsauren Salzen der Alkalien und der alkalischen Erden, gerade so wie die Asche des Blutes der Menschen und Thiere. Es hat sich das gewiss merkwürdige Resultat herausgestellt, dass die Phosphorsäure (nach der

---

grossen von Ammoniaksalzen kann alle Kalkerde in der Flüssigkeit bleiben, man muss daher stets die etwa aufgelöste Kalkerde noch mit Oxalsäure fällen und bestimmen. Ferner löst die Essigsäure zuweilen die phosphorsaure Kalkerde vollständig, zuweilen unvollständig. Dieses beruht auf der Bildung einer krystallisirten phosphorsauren Kalkerde, die in Essigsäure unlöslich ist. Diese Verbindung erhält man sehr leicht, wenn man phosphorsaure Kalkerde in Salzsäure löst, sie mit Ammoniak fällt und die Fällung durch concentrirte Essigsäure wieder auflöst; sollte die Fällung nicht vollständig aufgelöst werden, so filtrirt man rasch. Lässt man die klare Auflösung eine Zeitlang stehen, so sondert sich langsam, erwärmt man sie, rasch phosphorsaure Kalkerde in Krystallen aus, welche in Essigsäure unlöslich sind. Auch die geglühte phosphorsaure Kalkerde, z. B. die der Knochen, ist in Essigsäure unlöslich. Die Phosphorsäure bestimmt Mitscherlich in der mit Ammoniak gefällten Auflösung nach der Berthier'schen Methode mittelst einer bestimmten Menge Eisenchlorid. Die Flüssigkeit abgedampft und der Rückstand stark erhitzt; darauf nach Berzelius' Vorschlag durch Quecksilberoxyd das Chlormagnesium, wenn nämlich beim Auswaschen phosphorsaure Magnesia sich gelöst haben sollte, in Magnesia umgeändert u. s. w. Die Chloralkalien werden wie gewöhnlich bestimmt. — Die Destillationsproducte, welche man bei der Verbrennung der Substanz zu Asche erhält, sind auf Phosphorsäure und besonders auf Salzsäure, Schwefelsäure und Schwefelwasserstoff zu prüfen; denn wenn Chlormetalle in der zu verbrennenden Substanz enthalten waren, so würden diese bei Gegenwart von sauren phosphorsauren Salzen und bei der fortdauernden Bildung von Wasser beim Verbrennungsprocess in Salzsäure zerlegt.

Die von Forchhammer befolgte Methode bietet nichts Bemerkenswerthes dar, als dass er die Asche der Fucuspflanzen zuerst mit Wasser und darauf mit Salzsäure auszog; die einzelnen Bestandtheile wurden wie gewöhnlich abgeschieden und bestimmt. Dasselbe gilt hinsichtlich der von Wiegmann, Vogel, Kane u. A. mitgetheilten Aschenanalysen.

In der folgenden Uebersicht der in neuester Zeit ausgeführten Aschenanalysen sind die Resultate durchgängig nach Procenten berechnet, nachdem die zufälligen oder unwesentlichen Bestandtheile, wie Sand, Kohle und Kohlensäure, in Abzug gebracht worden sind, und in den übrigen, wiederum auf 100 Theile gebrachten Bestandtheilen das Verhältniss des Sauerstoffs der Basen zu dem der Phosphorsäure in den Samen berechnet, nachdem die dem gefundenen Schwefelsäure- und Chlorgehalt der Asche entsprechende Quantität der Basen ebenfalls von der ganzen Basenmenge abgezogen war, während bei den an kohlensauren Salzen reichen Pflanzen oder Pflanzentheilen der Sauerstoff der an Kohlensäure, oder in der lebenden Pflanze an Pflanzensäuren gebundenen Basen für sich allein berechnet wurde, ohne aber den Sauerstoffgehalt der Basen, für sich allein betrachtet, in 100 Theilen zu berechnen, in der Art, wie dies bei den Tabaksaschen von Fresenius und Will geschehen ist; diese nämlich bestehen, nach Abzug von *Chlornatrium, Chlorkalium, phosphorsaurem Eisenoxyd, phosphorsaurem Kalk, schwefelsaurem Kalk, Kieselerde, Kohlensäure, Kohle* und *Sand*, aus:

Digitized by Google

Einäscherung) nicht in allen Samen mit einer gleichen Anzahl von

	I.*)	II.	III.	IV.	V.
Kali	43,91	— 47,91	— 42,03	— 29,45	— 12,63
Natron . . .	3,40	— „	— „	— „	— „
Kalk	41,79	— 38,72	— 46,97	— 45,09	— 65,90
Magnesia . .	10,90	— 13,37	— 11,00	— 25,46	— 21,47
Sauerstoffgehalt dieser Basen	24,27	— 24,17	— 24,57	— 27,51	— 28,97

	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
Kali	25,94	— 13,15	— 12,58	— 15,95	— 15,78
Natron . . .	0,36	— „	— „	— „	— „
Kalk	59,01	— 67,03	— 66,46	— 60,90	— 66,24
Magnesia . .	14,69	— 19,82	— 20,96	— 23,15	— 17,98
Sauerstoffgehalt dieser Basen	26,74	— 27,73	— 28,91	— 28,77	— 28,19.

Wir entlehnen hier noch einige Bemerkungen, die gleichfalls auf andere Pflanzengattungen angewendet werden können, aus der von Fresenius und Will mitgetheilten Abhandlung *Ueber die unorganischen Bestandtheile der Vegetabilien:* „Bei näherer Betrachtung obiger Zusammenstellung der Analysen der Tabaksaschen ersieht man sogleich, dass eine und die nämliche Pflanze, auf demselben Boden gewachsen, auch eine Asche liefert, deren Zusammensetzung, wo nicht ganz gleich, doch nicht sehr von einander abweicht. Dies giebt sich deutlich in der Asche der Debreczyner Blätter (I, II und III) zu erkennen. Das relative Verhältniss der an Pflanzensäuren gebunden gewesenen alkalischen Basen ist, sowie ihr Sauerstoffgehalt, nahezu gleich." — „Es springt in die Augen, dass die Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der Aschen nur in der Beschaffenheit des Bodens, in seinem wechselnden Gehalt an einer oder der andern dieser alkalischen Basen begründet ist; wir ersehen aber auch daraus deutlich, dass das von Liebig aufgestellte Gesetz der gegenseitigen Vertretung der alkalischen Basen, für die Tabaksblätter, auf das Schönste bestätigt ist. Der Sauerstoffgehalt dieser Basen in einem gleichen Gewichte der Asche, nach Abzug der unwesentlichen Bestandtheile, stellt sich zwar in den 10 Tabakssorten nicht so annähernd heraus, als man es von einer genauen Analyse zu erwarten berechtigt wäre, in der Voraussetzung, dass obiges Gesetz unbedingt richtig ist. Diese Ungleichheit in dem Sauerstoffgehalt der Basen findet indessen bei saftreichen Kräutern leicht ihre Erklärung, theils in dem schon oben angeführten Verhalten der unorganischen Pflanzenbestandtheile beim Einäschern, theils auch in dem nie fehlenden Gehalt der Tabakspflanzen an salpetersauren Salzen, welcher, je nach seiner Grösse, einen verschiedenen Einfluss auf die Quantität derjenigen Basen ausüben muss, welche man in der Asche mit Kohlensäure verbunden vorfindet. Genau genommen müsste man, da die Bestandtheile der Asche, welche man als unwesentliche bezeichnen kann, ebenfalls Schwankungen in den Quantitätsverhältnissen unterliegen, den Sauerstoffgehalt der Basen auf ein bestimmtes Gewicht der Pflanzen in gleichem Trockenheits-Zustande beziehen. Wir haben, hiervon ausgehend, eine Anzahl von Versuchen angestellt, um den Sauerstoffgehalt (das Aequivalent der pflanzensauren Basen zusammengenommen) in den Tabaksblättern auf directem, von der Analyse unabhängigem Wege auszumitteln. Dies geschah in folgender Weise: Die ganzen Blätter der Tabakssorten (I—VI) wurden unter ganz gleichen Umständen vollständig getrocknet und je zwei Unzen davon in einer Platinschale ohne Verlust eingeäschert. Die erhaltenen Aschen wurden

*) Ueber die Bedeutung dieser Zahlen sehe man unten, bei der Aufführung der Resultate der Aschenanalysen von Tabaksblättern.

Digitized by Google

Aequivalenten fixer Basen verbunden ist. Die Erbsen z. B. ent-

---

mit Wasser angerührt und mit 200° (Volumtheilen) einer verdünnten Schwefelsäure von bestimmter Concentration 12 Stunden hindurch in gelinder Wärme digerirt, filtrirt und der Rückstand mit heissem Wasser ausgewaschen. Die erhaltenen Flüssigkeiten waren sämmtlich stark sauer, zum Beweis, dass die Schwefelsäure mehr als hinreichend war, um alle Basen zu sättigen. Die Filtrate wurden heiss mit Lakmustinctur roth gefärbt und dann ganz verdünntes Ammoniak von bestimmter Concentration hinzugetröpfelt und die zur Herstellung der blauen Farbe erforderliche Menge dem Maasse nach bestimmt. 320° (Vol.) entsprachen 100° (Vol.) der Schwefelsäure. Zog man nach diesem Verhältniss eine dem zugesetzten Ammoniak entsprechende Menge von Schwefelsäure von den ursprünglich zugesetzten 200° (Vol.) ab, so wurde die zur Sättigung wirklich nothwendige und verwendete Menge derselben gefunden und aus ihrem bekannten Schwefelsäuregehalte mit Leichtigkeit der Sauerstoffgehalt der pflanzensauren Salze berechnet. Der so bestimmte Sauerstoffgehalt ist:

I. II. III. IV. V. VI.
2,10 — 3,05 — 2,35 — 2,60 — 3,10 — 3,80.

Versucht man den Sauerstoffgehalt aus den Quantitäten der erhaltenen Aschen und den Analysen letzterer zu berechnen, so erhält man folgende Zahlen:

I. II. III. IV. V. VI.
2,68 — 2,62 — 3,03 — 2,86 — 2,82 — 2,95.

Man darf diesen Zahlen kein grösseres Gewicht beilegen, als sie wirklich besitzen; es sind jedenfalls Annäherungen zur richtigen Zahl für jede Tabakssorte und für die Tabakspflanze im Allgemeinen; es lässt sich aber auch annehmen, dass jede einzelne Tabakspflanze, je nach ihrer Entwickelung und Ausbildung, in dem Moment, wo sie geerntet sind, in einem bestimmten Gewicht eine in gewissen Gränzen schwankende Verschiedenheit des Sauerstoffgehaltes der pflanzensauren Salze darbieten kann. Das Gesetz der Vertretung der alkalischen Basen unter sich erleidet dadurch, nach den vorliegenden Thatsachen, in keiner Weise eine Aenderung."

Es wird zweckmässig sein, um Wiederholungen zu vermeiden, die in dieser Anmerkung vorkommenden literarischen Nachweisungen hier zur leichteren Uebersicht nach alphabetischer Ordnung der Verfasser zusammenzustellen; die mit einem Sternchen (*) versehenen Verfasser haben ihre Analysen in dem Laboratorium zu Giessen, oder doch wenigstens nach der von Will und Fresenius vorgeschlagenen Methode ausgeführt, die mit einem Kreuze (†) dagegen bezeichneten in dem Laboratorium zu Leipzig nach der von Erdmann beschriebenen Methode.

Abich, H.: *Ueber Natronseen auf der Araxes-Ebene, nebst einem Anhange über die dortigen Sodapflanzen;* Journ. f. pr. Ch. XXXVIII. S. 4–14.

*Bichon, G. W.: *Chemische Untersuchung einiger Getreideaschen;* Liebig's Annalen, Bd. L. 418–421.

*Böttinger, H.: *Analysen der Aschen einiger Hölzer;* Lieb. Ann. L. 406–412.

Boussingault: *Landwirthschaft,* Band II; deutsche Ausgabe S. 218 u. 19.

*Buch, Fr.: *Analyse der Asche der gemeinen Esparsette (Onobrychis sativa Lan.);* Lieb. Ann. L. 412 u. 13.

*Büchner: *Analyse der Asche der Saubohnen;* Lieb. *Agriculturchemie,* S. 344.

Digitized by Google

halten, bei einem gleichen Sauerstoffgehalte der Basen, nur zwei

---

*Crasso: *Analyse der Meissner Weinreben;* Lieb. Ann. LVII. 67—72.

*Denninger, Carl: *Analyse der Asche des Holzes von Quercus Robur;* Lieb. Ann. LIV. 343.

*Engelmann, Chr.: *Analyse der Asche des Holzes und der Rinde von Cerasus avium;* Lieb. Ann. LIV. 342—43; und *des Mutterkorns (Secale cornutum);* ibid. S. 350.

†Erdmann, O. L.: *Ueber Pflanzenaschen;* Lieb. Ann. LIV. 353—356; und in Knop's *Zusammenstellung etc.* Journ. f. pr. Ch. XXXVIII. 16 u. 17 u. 20—21.

Forchhammer, G: *Ueber den Einfluss der Fucus- artigen Pflanzen auf die Formationen der Erde* (Report of the Brit. Assoc. f 1844), Journ. f. pr. Ch. XXXVI. 385 u. ff.

*Fresenius und Will: *Untersuchungen über die unorganischen Bestandtheile der Vegetabilien;* Lieb. Ann. L. 363—406.

†Geradewohl, in Knop's *Zusammenstellung etc.* S. 42.

*Gödechens, J.: *Analyse der Asche einiger Fucusarten;* Lieb. Ann. LIV. S. 350—352.

Guibourt: *Analyse der Asche von Salsola tragus;* Journ. de Pharm. XXVI. p. 264—65. 1840. (Journ. de Chim. méd.)

*Hertwig, Carl: *Chemische Untersuchung einiger Pflanzenaschen;* Lieb. Ann. XLVI. 97—117. 1843.

*Hofmann, L.: *Analyse der Asche des Holzes und der Rinde von Tilia europaea;* Lieb. *Agriculturchemie,* S. 346.

*Horsford: *Analyse der Asche des rothen Klees;* Liebig's Ann. LVIII. 391.

*Hruschauer, Franz: *Untersuchungen über die unorganischen Bestandtheile einiger Vegetabilien aus der untern Steiermark;* Lieb. Ann. LIV. 331—341.

*James, H.: *Analyse der Asche des Samens von weissem und schwarzem Senf;* Lieb. Ann. LIV. S. 347 u. 48; und *der Asche von Fucus vesiculosus;* S. 352.

*Kane, Rob.: *Ueber die chemische Beschaffenheit der Flachs- und Hanfpflanze, mit Rücksicht auf die Bedingungen ihres Wachsthums und ihrer Zurichtung* (The Lond., Ed. and Dubl. ph. Mag. Febr. 1844), Journ. f. pr. Ch. XXXII. 354—362.

*Kleinschmidt: *Analyse der Asche der Eicheln* (von *Quercus Robur L.);* Lieb. Ann. L. S. 417—18.

†Knop, W.: *Ueber die unorganischen Bestandtheile der Vegetabilien; Zusammenstellung der in neuerer Zeit gemachten Erfahrungen und Analysen;* Journ. f. pr. Ch. XXXVIII. 14—48. 1846.

†Knop und Schnedermann: *Analyse der Asche der Haferkörner,* a. a. O. S. 40, und *der Flechtenasche,* a. a. O. S. 46.

*Köchlin, Heinr.: *Analyse der Asche des Sapanholzes;* Lieb. Ann. LIV. S. 344; *der Asche von Elsasser Krappwurzeln (Rubia tinctoria),* S. 344—45, u. *der Gerstenasche (Hordeum distichon),* S. 346.

Letellier: *Analyse der Reisasche;* in Boussingault's *Landwirthschaft.*

*Leuchtweiss, A.: *Analyse der Asche des Hanfsamens (Cannabis sativa) und Leinsamens (Linum usitatissimum);* Lieb. Ann. L. 416—17.

*Levi, E.: *Boden- und Aschenanalysen;* Lieb. Ann. L. 421—426.

*May, A.: *Analyse der Asche von seeländischem Krapp;* Lieb. Ann. LIV. S. 346.

Digitized by Google

Drittel der in den Samen des Roggens und Weizens vorhandenen

Mitscherlich: *Ueber die Asche der Hefe* (a. d. Ber. d. Berl. Akad.), Journ. f. pr. Ch. XXXVI. 231 u. ff.

*Müller: *Analyse der Samenasche von Brassica Napus;* siehe Knop's *Zusammenstellung*, S. 29.

Nesbit: *Analyse der Hopfenasche;* Liebig's *Agriculturchemie*, S. 348.

Petzholdt, A.: *Untersuchung der Asche des gesunden und brandigen Weizens;* Journ. f. pr. Ch. XXXVIII. S. 48 u. 49.

*Poleck, Th.: *Analyse der Samen von Pinus Picea, Pinus sylvestris und von Milium sativum;* Lieb. Ann. L. 414—15.

*Rüling: *Analyse mehrerer Pflanzenaschen;* Liebig's *Agriculturchemie*, S. 352.

Scharling: *Analyse der Reisschalen;* Lieb. Ann. XLI. S. 52.

†Schmidt: *Analyse der Asche des Weizens;* Knop's *Zusammenstellung* etc. S. 40.

*Souchay, Aug.: *Analyse der Samen von Fagus sylvatica, Madia sativa, Datura Strammonium, Pyrus Cydonia und Citrus medica;* Lieb. Ann. LIV. S. 348—49.

Sprengel, C.: *Ueber die feuerfesten Bestandtheile unserer gewöhnlichen Getreide- und Körnerarten;* Erdmann's Journ. f. techn. u. ökon. Ch. X. S. 344—351. 1831. Und: *Chemische Untersuchung der cultivirten Holzarten auf ihre feuerfesten Bestandtheile;* Erdm. Journ. f. techn. u. ökon. Ch. XIII. 382—388 u. 474—487. 1832.

Stenhouse: *Analysen der Asche des Zuckerrohrs;* Journ. f. pr. Ch. XXXVIII. S. 44., Lieb. Ann. LVII. 72—73.

Struve, G. A.: *Ueber die Kieselerde als Bestandtheil einiger Pflanzen;* J. f. pr. Ch. V. 450 u. ff.

Thomson, R. D.: *Ueber die anorganischen Bestandtheile der Flechten;* Lieb. Ann. LIII. 254 ff.

*Thon: *Analyse der Asche der Bohnen, Erbsen und des Weizens;* Lieb *Agriculturchemie*, S. 344.

Vogel, A.: *Notiz über die Zusammensetzung der Kartoffelasche;* Lieb. Ann. XLIX. 245—246.

Way: in Charles Daubeny's Abhandlung: *Ueber den Fruchtwechsel und die Quantität unorganischer Substanzen, welche durch verschiedene Pflanzen unter verschiedenen Umständen dem Boden entzogen wird;* Philos. Transact. 1845. Part. II. p. 179—252.

Wiegmann, A. F., sen.: *Ueber die Entstehung, Bildung und das Wesen des Torfes;* gekrönte Preisschrift. Braunschweig 1837.

*Wrightson, Fr.: *Analyse der Asche des Holzes und der Rinde von Ulmus campestris;* Lieb. L. S. 341—42. Ferner: *Analyse der Asche von Conium maculatum und Digitalis purpurea;* Lieb. Ann. LIV. S. 360—363.

Die neueren Analysen von Pflanzenaschen wird man in dem folgenden Verzeichniss in einer übersichtlichen Anordnung vollständig zusammengestellt finden.

Papilionaceen.

1. *Erbsen (Pisum sativum).*

a. Erbsensamen.

I. Will und Fresenius, Giessen (Kohle und Sand = 1,38); II. Bichon, vom Unterrhein, zwischen Cleve und Emmerich (Kieselerde = 0,25; Kohle, Sand und Verlust = 2,34); III. Thon, Kurhessen (Kohle, Sand und Verlust = 2,08); IV. Boussingault, Elsass (Koh-

Digitized by Google

Phosphorsäure. Dieses Verhältniss der Säure zu den Basen bleibt

lensäure = 0,5; Kieselerde = 1,5; Kohle, Feuchtigkeit und Verlust = 2,3 Proc.).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.
Kali	39,51	6,70	35,09	5,95
Natron	3,98	1,17	13,09	3,38
Kalk	5,91	1,66	2,54	0,73
Talkerde	6,43	2,48	8,86	3,44
Eisenoxyd	1,05	„	0,99	„
Phosphorsäure	34,50	19,33	35,47	19,71
Schwefelsäure	4,91	2,95	3,64	2,19
Chlornatrium	3,71	„ Chlor	0,32	„
	100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		11,03		12,69
Aschengehalt in 100 Th. d. trocknen Pflanzenst.		—		3,00.

	III.	Sauerst.	IV.	Sauerst.
Kali	35,94	6,10	36,88	6,26
Natron	10,53	2,72	2,62	0,83
Kalk	2,76	0,79	10,56	3,02
Talkerde	7,06	2,74	12,46	4,83
Eisenoxyd	1,98	„	„	„
Phosphorsäure	34,74	19,30	31,34	17,41
Schwefelsäure	4,37	2,63	4,99	2,99
Chlornatrium	2,62	„ Chlor	1,15	„
	100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		11,56		13,72
Aschenprocente		—		—

Bei der Berechnung des Sauerstoffgehaltes der Basen wurde bei diesen Analysen, wie bei allen folgenden, stets der dem Schwefelsäuregehalt entsprechende Kalk und das dem Chlor entsprechende Natrium zuerst von diesen Basen abgezogen. Berechnet man ferner aus diesen analytischen Resultaten, in der Art, wie oben bei den Analysen der Tabaksaschen von Will und Fresenius angegeben wurde, den Sauerstoff der Basen, nachdem diese für sich allein auf 100 Theile gebracht worden sind, so ergeben sich in der obigen Ordnung folgende Zahlen: I. 20,99; II. 22,54; III. 21,84 und IV. 23,51.

Die von Bichon analysirten Erbsen waren auf einem ehemaligen Kleeacker gewachsen, der mit Kuhmist gedüngt worden war.

b. Erbsenstroh.

Hertwig hat das Erbsenstroh einer analytischen Untersuchung unterworfen; Nr. I war aus Duderstadt und II aus Mühlhausen in Thüringen. Die von ihm gefundenen Resultate hat er auf die folgende Weise zusammengestellt:

	I.	II.
Kohlensaures Kali	4,16	4,34
Kohlensaures Natron	8,27	
Schwefelsaures Kali	10,75	11,99
Kochsalz	4,63	3,72
Kohlensaurer Kalk	47,81	49,73
Talkerde	4,05	1,38
Phosphorsaurer Kalk	5,15	1,15
Phosphorsaure Talkerde	4,37	7,82
Phosphorsaures Eisenoxyd	0,90	3,64
Phosphorsaure Thonerde	1,20	
Kieselerde	7,81	15,54
	99,10	99,31.

Digitized by Google

sich für die Samen der nämlichen Pflanze immer gleich, letztere

---

2. *Saubohnen (Vicia Faba).*

I. Bichon, Unterrhein (Kieselerde = 2,46; Ueberschuss = 0,26); II. Boussingault, Elsass, Bechelbronn (Kohlensäure = 1,0; Kohle, Feuchtigkeit und Verlust = 3,1; Kieselerde = 0,5); III. Büchner, Giessen (Kohle, Sand und Verlust = 3,47; Kieselerde = 0,47).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.	III.	Sauerst.
Kali	21,28	3,61	47,39	8,05	34,06	5,78
Natron	19,49	4,92	„	„	13,26	3,42
Kalk	7,44	2,13	5,35	1,53	4,93	1,41
Talkerde	9,07	3,51	9,04	3,50	6,38	2,47
Eisenoxyd	1,06	„	Spur	„	0,68	„
Phosphorsäure	38,79	21,55	35,79	19,88	40,69	22,61
Schwefelsäure	1,37	0,82	1,69	1,01	„	„
Chlor	1,50	„	0,74	„	„	„
	100,00		100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		12,66		12,62		13,08
Aschenprocente		4,00		—		—

Die von Bichon analysirten Bohnen waren auf Weideland gewachsen, welches mit Pferdemist gedüngt worden war.

3. *Bohnen (Phaseolus vulgaris).*

a. Samen.

I. Thon, kleine Feldbohnen aus Kurhessen (Kohle, Sand und Verlust = 1,74; Kieselerde = 1,48; Eisenoxyd = 0,34); II. Boussingault, Bechelbronn (3,3 Kohlensäure, 1,1 Kohle und Verlust, 1,0 Kieselerde); III. Levi, Worms (Kieselerde = 0,44; Ueberschuss = 0,29).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.	III.	Sauerst.
Kali	22,53	3,83	51,90	8,81	38,95	6,61
Natron	21,89	5,66	„	„	11,80	3,05
Kalk	5,58	1,59	6,12	1,75	5,91	1,70
Talkerde	7,61	2,95	12,12	4,70	9,05	3,51
Eisenoxyd	„	„	„	„	0,11	„
Phosphorsäure	36,59	20,33	28,38	15,77	31,38	17,44
Schwefelsäure	2,36	1,42	1,38	0,83	2,47	1,48
Chlor	„	„	0,10	„	0,33	„
Chlornatrium	3,44	„	„	„	„	„
	100,00		100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		13,56		15,03		14,48
Aschenprocente		—		—		3,292.

b. Stroh der Feldbohnen.

Hertwig giebt folgende Bestandtheile der Asche des Feldbohnenstrohes an (s. Liebig's *Agriculturchemie*, 6. Aufl. S. 328):

Kohlensaures Kali	13,32
Kohlensaures Natron	16,06
Schwefelsaures Kali	32,40
Kochsalz	0,28
Kohlensaurer Kalk	39,50
Talkerde	1,92
Phosphorsaurer Kalk	6,43
Phosphorsaure Talkerde	6,66
Phosphorsaures Eisenoxyd / Phosphorsaure Thonerde	3,49
Kieselerde	7,97
	128,03.

Digitized by Google

möge nun in Deutschland, in Holland oder Frankreich, also auf Boden mit sehr verschiedenem Gehalte an alkalischen Basen gewachsen sein. Die Auflösung der Asche der Samen der Leguminosen (Erbsen, Bohnen, Linsen u. s. w.), der Cruciferen (weisser und schwarzer Senf), der Coniferen (*Pinus picea* und *sylvestris*)

---

4. *Linsen (Ervum Lens).*

Levi, Worms (Kieselerde = 1,07; Kohlensäure = 15,83; Verlust = 3,03).

		Sauerst.
Kali	34,76 —	5,90
Natron	13,50 —	3,49
Kalk	6,34 —	1,81
Talkerde	2,47 —	0,96
Eisenoxyd	2,00 —	„
Phosphorsäure	36,30 —	20,17
Chlor	4,63 —	„
	100,00	
Sauerstoffgeh. d. Basen		11,12
Aschenprocente		2,060.

5. *Wicken (Victa sativa).*

Levi, Giessen (Kieselerde = 2,01; Ueberschuss = 0,88).

		Sauerst.
Kali	30,90 —	5,25
Natron	11,03 —	2,85
Kalk	4,84 —	1,38
Talkerde	8,60 —	3,33
Eisenoxyd	0,75 —	„
Phosphorsäure	38,49 —	21,38
Schwefelsäure	4,16 —	2,49
Chlor	1,23 —	„
	100,00	
Sauerstoffgeh. d. Basen		11,71
Aschenprocente		2,402.

6. *Gemeine Esparsette (Onobrychis sativa).*

Analyse der Pflanze von Buch, Vevay (Kieselerde = 0,83; Kohlensäure = 14,43; Kohle und Sand = 8,22; Ueberschuss = 2,68).

		Sauerst.
Kali	6,82 —	1,16
Natron	20,66 —	5,34
Kalk	31,55 —	9,01
Talkerde	8,66 —	3,36
Phosphorsaures Eisenoxyd	2,68 —	„
Phosphorsäure	26,50 —	14,72
Schwefelsäure	1,36 —	0,82
Chlornatrium	1,77 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		18,60.

Nimmt man an, dass die Phosphorsäure und Schwefelsäure an Kalk gebunden sind und zwar erstere als dreibasisch-phosphorsaurer Kalk, da alsdann die Quantität des Kalks genau hinreicht, um beide Säuren zu binden, so hat man folgende Verhältnisse:

Digitized by Google

geben mit salpetersaurem Silberoxyd einen reichlichen gelben Niederschlag von dreibasisch-phosphorsaurem Silberoxyd; der Niederschlag hat jedoch nicht bei allen diesen Aschen die nämliche gelbe Farbe, bei einigen ist er dunkler, bei andern heller, wie

---

Kali	6,75
Natron	20,33
Talkerde	8,57
Phosphorsaurer Kalk	54,89
Phosphorsaures Eisenoxyd	2,87
Schwefelsaurer Kalk	3,31
Chlornatrium	2,18
Kieselerde	1,10
	100,00.

7. *Klee (Trifolium).*

I. Boussingault, Bechelbronn (Kohlensäure = 25,0); II. Horsford, rother Klee, Giessen (die Kohlensäure abgerechnet).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.
Kali	35,5	— 6,03	16,10	— 2,73
Natron	0,7	— 0,18	40,74	— 10,52
Kalk	32,8	— 9,37	21,91	— 6,26
Talkerde	8,4	— 3,25	8,28	— 3,21
Eisenoxyd	0,4	— „	0,46	— „
Phosphorsäure	8,4	— 4,66	4,12	— 2,29
Schwefelsäure	3,3	— 1,82	1,06	— 0,63
Chlor	3,5	Chlornatrium	4,73	— „
Kieselerde	7,0	— „	2,60	— „
	100,0		100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen	17,43			22,51
Aschenprocente	11,17			—

8. *Sapanholz (Caesalpinia Sapan).*

Köchlin (Kohlensäure = 37,55; Kohle = 1,36).

		Sauerst.
Kali	5,05	— 0,86
Natron	3,31	— 0,86
Kalk	77,77	— 22,22
Talkerde	2,99	— 1,16
Eisenoxyd	1,37	— „
Phosphorsäure	3,51	
Schwefelsäure	2,44	— 1,47
Chlor	3,17	— „
Kieselerde	0,39	— „
	100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		23,90
Aschenprocente		0,85.

Amygdaleen.

1. *Vogelkirschenbaum (Cerasus avium).*

Engelmann, Giessen: I. Analyse des Holzes (Kohlensäure = 13,51; Kohle = 4,05 und Verlust = 2,23); II. der Rinde (Kohlensäure = 4,88; Kohle = 0,99 und Verlust = 0,23).

Digitized by Google

wenn er mit weissem, zweibasisch-phosphorsaurem Silberoxyd gemengt wäre. Die Auflösungen der Asche der Samen der Cerea-

---

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.
Kali	26,02 —	7,52	7,96 —	1,36
Natron . . .	10,13 —	2,64	15,40 —	3,98
Kalk	36,08 —	10,37	44,74 —	12,78
Talkerde . .	11,51 —	4,51	5,46 —	2,12
Eisenoxyd . .	0,09 —	„	0,21 —	„
Phosphorsäure	9,85 —	5,48	3,46 —	1,92
Schwefelsäure	4,22 —	2,53	0,83 —	0,50
Chlor	Spur —	„	„ —	„
Chlornatrium .	„ —	„	0,64 —	„
Kieselerde . .	2,06 —	„	21,30 —	„
	100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen	24,20			20,07
Aschenprocente . . .	0,28			10,37.

Pomaceen.

1. *Quittenkerne (Pyrus Cydonia).*

Souchay (Kieselerde = 0,75; das Natron aus dem Verlust berechnet).

		Sauerst.
Kali	27,29 —	4,63
Natron . . .	3,03 —	0,71
Kalk . . .	7,79 —	2,23
Talkerde . .	13,11 —	5,08
Eisenoxyd .	1,19 —	„
Phosphorsäure	42,32 —	23,51
Schwefelsäure	2,68 —	1,61
Chlornatrium .	2,59 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		12,13.

2. *Holz vom Apfelbaum (Pyrus malus).*

Fresenius und Will, Giessen; das Holz war von dem Aste, an dem die zur weiter unten angeführten Analyse verwendete Mistelpflanze gewachsen war (Kieselerde = 0,93; Kohlensäure = 24,18; Kohle und Sand = 2,03 und Verlust = 2,74).

		Sauerst.
Kali	19,50 —	3,31
Natron	0,45 —	0,12
Kalk	64,53 —	18,44
Talkerde	7,50 —	2,91
Phosphorsaures Eisenoxyd .	2,44 —	„
Phosphorsäure	4,20 —	2,33
Schwefelsäure	0,93 —	0,56
Chlornatrium	0,45 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		24,59.

Aurantiaceen.

1. *Citronenkerne (Citrus medica).*

Souchay (Kieselerde = 0,35; Kohle = 1,82; Verlust = 0,23).

Digitized by Google

lien (Weizen, Roggen, Hirse, auch der des Buchweizens, Hanfs

		Sauerst.
Kali	34,00 —	5,77
Natron	3,60 —	0,93
Kalk	12,90 —	3,69
Talkerde	8,66 —	3,36
Eisenoxyd	0,25 —	„
Phosphorsäure	34,85 —	18,92
Schwefelsäure	3,35 —	2,01
Chlornatrium	2,39 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		13,08.

Linoideen.

1. *Leinpflanze (Linum usitatissimum).*

a. Leinsamen.

Leuchtweiss, Giessen (Kieselerde = 0,92; Kohle und Sand = 9,63 und Ueberschuss = 2,24).

		Sauerst.
Kali	26,10 —	4,43
Natron	0,71 —	0,18
Kalk	25,50 —	7,29
Talkerde	0,22 —	0,08
Eisenoxyd	3,70 —	„
Phosphorsäure	40,50 —	22,50
Schwefelsaurer Kalk	1,71 —	„
Chlornatrium	1,56 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		12,76
Aschenprocente		4,63.

b. Leinpflanze.

I. Kane (Kohlensäure = 16,95); II. Way (Kohlensäure = 16,06; Sand und Kohle = 12,02 und Eisenoxyd = 3,42).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.
Kali	11,78 —	2,00	32,85 —	5,58
Natron	11,84 —	3,06	„ —	„
Kalk	14,76 —	4,22	27,66 —	7,90
Talkerde	9,41 —	3,65	5,88 —	2,27
Thonerde	7,34 —	„	„ —	„
Phosphorsäure	13,07 —	7,26	10,48 —	5,82
Schwefelsäure	3,19 —	1,92	7,66 —	3,99
Chlor	2,90	Chlorkalium	9,18 —	„
Kieselerde	25,71	Chlornatrium	3,62 —	„
	100,00	Kieselerde	2,67 —	„
			100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen	11,64			14,42.

In den von Way mitgetheilten analytischen Resultaten musste das Eisenoxyd in Abzug gebracht werden, weil dasselbe, wenigstens zum grösseren Theile, durch das Einäschern in eisernen Gefässen der untersuchten Asche zufällig beigemengt worden war. — Kane bemerkt, dass in der von ihm analysirten Flachsasche Kali, Natron, Schwefelsäure und Chlor in sehr einfacher Beziehung zu einander stehen und dass die oben angegebenen Zahlen genau mit denen von 2 Atomen Schwefelsäure, 2 At. Chlor, 6 Kali und 9 Natron übereinstimmen, so

Digitized by Google

und Leins) werden von salpetersaurem Silberoxyd rein weiss gefällt. Der Sauerstoff der Basen steht in diesen Aschen zum Sauerstoff der Phosphorsäure im Verhältnisse wie in den zweibasich-phosphorsauren Salzen. Eine gewisse Classe von andern Samen (wie

---

dass, wenn alles Natron (in der Asche) als kohlensaures angenommen wird, das Kali sich gleichmässig zwischen Schwefelsäure, Salzsäure und Kohlensäure vertheilt. Kane vermuthet, dass dieses einfache Verhältniss wahrscheinlich zufällig sei, empfiehlt es aber der Aufmerksamkeit für künftige Analysen von Flachsasche anderer Gegenden.

Ampelideen.

1. *Weinreben (Vitis vinifera).*

I. Hruschauer, vom Schollerboden der Quarzgeschiebe bei Grätz, der aus folgenden Gebirgsarten gebildet ist: Gneis, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Chloritschiefer, Hornblendeschiefer, Quarz und einer sehr geringen Menge Kalk (Kohlensäure = 15,71; Kohle und Sand = 21,08; Ueberschuss = 0,39); II. Derselbe, vom verwitterten Uebergangskalke, in welchem Boden sich Bittererde findet, die wahrscheinlich aus dem Dolomit in selbigen gelangt ist, und spärlich Kieselerde aus den mit dem Kalk wechselnden Thonschieferlagen (Kohlensäure = 20,24; Kohle und Sand = 9,39); III. Derselbe, vom Glimmerschieferboden (Kohlensäure = 17,67; Kohle und Sand = 9,40); IV. Levi, Liebfrauenrebenasche von Worms (Kohlensäure = 19,26; Kohle = 5,11 und Verlust = 3,45); V. Derselbe, Rebenasche von Weinsheim, ½ Stunde von Worms (Kohlensäure = 7,12; Kohle = 12,69 und Verlust = 3,82); VI. Crasso, Meissner Rebenasche (nach Abzug der Kohlensäure und der unwesentlichen Bestandtheile).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.	III.	Sauerst.
Kali	34,13	5,77	24,93	4,21	26,41	4,45
Natron	7,59	1,93	7,00	1,78	8,57	2,17
Kalk	30,28	8,50	35,94	10,09	31,78	8,93
Talkerde	4,66	1,79	7,12	2,73	9,16	3,50
Eisenoxyd	0,16	„	0,24	„	0,19	„
Schwefels. Kalk	4,55	„	4,02	„	4,13	„
Phosphorsäure	16,35	9,08	19,55	10,86	16,87	9,37
Kieselerde	1,45	„	0,62	„	2,48	„
Chlornatrium	0,83	„	0,58	„	0,41	„
	100,00		100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		17,99		18,81		19,05
Aschenprocente		2,52		2,25		—

	IV.	Sauerst.	V.	Sauerst.
Kali	17,38	2,95	25,24	4,29
Natron	28,61	7,39	2,74	0,71
Kalk	30,05	8,59	40,75	11,64
Talkerde	9,09	3,52	7,46	2,89
Eisenoxyd	4,20	1,80	1,52	„
Phosphorsäure	5,25	2,92	18,87	10,48
Schwefelsäure	1,99	1,50	2,88	1,73
Chlor	1,84	„	0,54	„
Kieselerde	1,15	„	„	„
	100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		21,53		19,09
Aschenprocente		2,835		2,689.

Digitized by Google

die der Eiche, Buche, Kastanie, Rosskastanie u. s. w.) enthalten

	VI.	Sauerst.
Kali	37,482	— 6,36
Natron	1,336	— 0,35
Kalk	41,309	— 11,80
Talkerde	1,035	— 0,41
Phosphorsaures Eisenoxyd	1,564	— „
Phosphorsäure	8,729	— 4,85
Schwefelsaurer Kalk	6,186	— „
Chlornatrium	1,614	— „
Kieselerde	0,725	— „
	100,000	
Sauerstoffgehalt der Basen		18,92.

Levi vermuthet, dass der grosse Natrongehalt in der Liebfrauenrebenasche (IV) vielleicht von dem Dünger herrühren könne; die Liebfrauenerde fand er folgendermaassen zusammengesetzt:

Kieselerde	67,90
Eisenoxyd u. Manganoxyd	7,25
Thonerde	8,30
Kalk	3,11
Talkerde	1,90
Kali	3,86
Natron	5,49
	97 81.

Die Asche des Mostes von Meissner Trauben besteht nach der Analyse von Crasso (nach Abzug von 9,774 Kohlensäure, Kohle und Verlust) aus:

		Sauerst.
Kali	65,026	— 11,04
Kalk	7,458	— 2,13
Talkerde	7,803	— 3,02
Manganoxydul	2,721	— 0,61
Eisenoxyd	0,548	— „
Schwefelsäure	15,051	— 9,03
Chlor	1,253	— „
Kieselerde	0,140	— „
	100,000.	

Tiliaceen.

1. *Linde (Tilia europaea).*

Hoffmann, Giessen: I. Rinde (Kohlensäure = 23,407; Kohle etc. = 2,885 und Verlust = 1,461); II. Holz (Kohlensäure = 16,119; Kohle = 6,139 und Verlust = 4,039).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.
Kali	16,52	— 2,81	37,84	— 6,43
Natron	4,64	— 1,20	5,53	— 1.43
Kalk	62,22	— 17,78	31,60	— 9,03
Talkerde	8,23	— 3,19	4,38	— 1,70
Eisenoxyd	1,27	— 0,39	8,42	— 2,52
Phosphorsäure	4,09	— 2,27	5,12	— 2,85
Schwefelsäure	0,77	— 0,46	5,60	— 3,36
Chlornatrium	2,26	— „	1,51	— „
	100 00		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen	23,86			17,47.

Digitized by Google

neben den phosphorsauren auch noch pflanzensaure Salze, weshalb

---

Sileneen.

1. *Gemeine Rade (Agrostemma Githago).*

Rüling, Giessen, Analyse der Pflanze (Kohlensäure = 18,600 u. Verlust = 2,344).

		Sauerst.
Kali	28,92 —	4,91
Kalk	37,03 —	10,58
Talkerde	7,77 —	3,01
Phosphorsaures Eisenoxyd	2,27 —	„
Phosphorsäure	8,41 —	4,67
Schwefelsäure	3,02 —	1,81
Chlorkalium	9,56 —	„
Kieselerde	3,02 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		17,90
Aschenprocente		13,20.

Cruciferen.

1. *Senf (Sinapis alba* u. *nigra).*

James, Giessen? I. Weisser Senf (Kohle = 2,94; Ueberschuss = 0,76); II. schwarzer Senf (Kohle = 4,27; Verlust = 0,89).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.
Kali	10,02 —	1,70	12,66 —	2,16
Natron	9,61 —	2,45	4,89 —	1,25
Kalk	21,28 —	5,98	17,34 —	4,87
Talkerde	11,25 —	4,35	14,38 —	5,57
Eisenoxyd	1,46 —	„	1,12 —	„
Phosphorsäure	37,41 —	20,96	37,39 —	20,95
Schwefelsäure	5,41 —	3,24	7,17 —	4,30
Chlornatrium	„ —	„	2,27 —	„
Chlor	0,20 —	„	„ —	„
Kieselerde	3,36 —	„	2,78 —	„
	100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen	13,36			12,40
Aschenprocente	4,15			4,31.

2. *Repskohl (Brassica Napus).*

Müller, Analyse der Samen.

		Sauerst.
Kali	21,34 —	3,63
Natron	5,26 —	1,36
Kalk	14,63 —	4,18
Talkerde	11,96 —	4,74
Eisenoxyd	2,84 —	„
Phosphorsäure	41,68 —	23,16
Schwefelsäure	0,77 —	0,46
Kieselerde	1,52 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		13,76.

3) *Turnips, weisse Rübe (Brassica Rapa).*

Namur, Giessen, Analyse der Blätter (s. Liebig's *Agriculturchemie*, 6. Aufl. S. 344). (Kohlensäure, Kohle und Verlust = 20,45.)

Digitized by Google

sie eine mit Säuren aufbrausende Asche liefern. Der Sauerstoff-

		Sauerst.
Kali	37,15	— 6,31
Natron . . .	2,61	— 0,67
Kalk	32,10	— 9,17
Talkerde . .	9,36	— 3,63
Phosphorsäure	1,97	— 1,10
Schwefelsäure .	5,00	— 3,00
Chlornatrium .	4,09	— „
Kieselerde . .	7,72	— „
	100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen	18,78	
Aschenprocente . . .	9,39.	

Papaveraceen.

1. *Schöllkraut (Chelidonium majus).*

Rüling, Giessen, Analyse der Pflanze (Kohlensäure = 14,20; Verlust = 1,41).

		Sauerst.
Kali	38,74	— 6,58
Kalk	27,36	— 7,82
Talkerde	5,92	— 2,29
Phosphorsaures Eisenoxyd .	2,11	— „
Phosphorsäure	17,63	— 9,84
Schwefelsäure	2,63	— 1,58
Chlorkalium	3,97	— „
Kieselerde	1,64	— „
	100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen	16,16	
Aschenprocente	6,85.	

Lorantheen.

1. *Mistel (Viscum album).*

Will und Fresenius, Giessen, Analyse der Asche von Blättern und Aesten (Kohlensäure = 13,09; Kohle etc. = 0,54; Ueberschuss = 0,38).

		Sauerst.
Kali	40,71	— 6,91
Kalk	22,36	— 6,39
Talkerde	11,06	— 4,29
Phosphorsaures Eisenoxyd .	2,11	— „
Phosphorsäure	19,09	— 10,60
Schwefelsäure	1,63	— 0,98
Chlornatrium	1,16	— „
Kieselerde	1,88	— „
	100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen	17,26.	

„Bei der Vergleichung der Asche des Holzes vom Aepfelbaum mit der des darauf gewachsenen Mistels fällt sogleich der bedeutende Kali- und Phosphorsäuregehalt der letztern auf. Während die Asche des Aepfelbaumholzes nur 19 Proc. Kali und 4 Proc. Phosphorsäure enthält, finden wir in der Asche des Mistels das Doppelte an Kali und das Fünffache an Phosphorsäure. Der Mistel scheint hiernach auf dem Baum (in Bezug auf die unorganischen Bestandtheile) die Function der Frucht zu verrichten, sofern er, wie letztere, dem Safte des Baumes

Digitized by Google

gehalt der Basen, welche man mit der Phosphorsäure verbunden

---

hauptsächlich die phosphorsauren Salze entzieht. Hierin ist gewiss die Schädlichkeit dieses Schmarotzers, seine den Ertrag der Bäume vernichtende Kraft zu suchen." (Fresenius und Will.)

Rubiaceen.

1. *Krapp (Rubia tinctorum).*

Analyse der Krappwurzeln: Köchlin, Elsasser Krapp; I. war gewachsen in einem kalkreichen Boden (Kohlensäure = 25,86; Kohle etc. = 4,13); II. war in einem an Kalk ärmeren Boden gewachsen (Kohlensäure = 21,35; Kohle = 11,48); III. Analyse des seeländischen Krapps von May (Kohlensäure = 11,60; Kohle = 5,93).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.	III.	Sauerst.
Kali	29,35	— 4,38	26,64	— 4,52	3,42	— 0,58
Natron	15,89	— 4,10	11,67	— 3,01	25,76	— 6,65
Kalk	34,54	— 9,87	29,25	— 8,36	16,29	— 4,65
Talkerde	3,72	— 1,44	3,68	— 1,43	3,17	— 1,23
Eisenoxyd	1,18	— „	3,36	— „	2,67	— „
Phosphorsäure	5,26	— 2,92	4,65	— 2,59	16,84	— 9,38
Schwefelsäure	3,68	— 2,21	2,14	— 0,71	2,86	— 1,71
Chlor	4,74	— „	13,25	— „	„	— „
Chlornatrium	„	— „	„	— „	12,58	— „
Kieselerde	1,64	— „	5,36	— „	16,41	— „
	100,00		100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		17,98		13,62		12,54
Aschenprocente		8,25		8,42		—

Auffallend ist der geringe Kalkgehalt des seeländischen Krapps im Vergleich mit dem Elsasser und dem Avignoner, welcher letztere den bedeutendsten Kalkgehalt in der Asche (40,6 Proc.) liefern soll. Auch enthält der seeländische Krapp vorzugsweise Natron und viel mehr Kieselerde als andere Krappsorten. In Bezug auf den Pigmentgehalt weiss man, dass seeländischer Krapp, im Vergleich mit andern Krappsorten, reicher an gelbem und ärmer an rothem Pigmente ist und dem besseren französischen oder levantischen Krapp hierin überhaupt nachsteht. Dass die Bodenbestandtheile hierauf von Einfluss sind, unterliegt nach vorstehenden Analysen wohl keinem Zweifel (May).

2. *Kaffee (Coffea occidentalis).*

Levi, Analyse der Bohnen (Kohlensäure = 15,27).

		Sauerst.
Kali	50,94	— 8,65
Natron	14,76	— 3,81
Kalk	4,33	— 1,24
Talkerde	10,90	— 4,22
Eisenoxyd	0,66	— „
Phosphorsäure	13,59	— 7,55
Schwefelsäure	Spur	— „
Chlor	1,24	— „
Kieselerde	3,58	— „
	100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		17,68.

Ericeen.

1. *Gemeine Haide (Erica vulgaris).*

Asche der lufttrocknen jungen Pflanze von *Erica vulgaris*, analysirt von Wiegmann *(Preisschrift über den Torf,* S. 45. 1837).

Digitized by Google

sich denken kann, ist der Zahl 12 (in 100 Theilen der Asche)

		Sauerst.
Kali	4,81	— 0,82
Natron	10,23	— 2,64
Kalk	26,49	— 7,57
Talkerde	8,39	— 3,25
Thonerde	2,30	— „
Eisenoxyd	2,71	— „
Manganoxyd	4,60	— „
Phosphorsäure	0,61	— 0,34
Schwefelsäure	5,22	— 3,13
Chlor	4,86	— „
Kieselerde	29,78	— „
	100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		12,14
Aschenprocente		1,955.

Scrophularineen.

1. *Purpurrother Fingerhut (Digitalis purpurea).*

Wrightson, Giessen, Analyse der Blätterasche (Kohlensäure = 13,15; Kohle und Sand = 10,94).

		Sauerst.
Kali	43,53	— 7,39
Natron	3,70	— 0,96
Kalk	12,67	— 3,62
Talkerde	6,53	— 2,53
Phosphorsaures Eisenoxyd	4,63	— „
Phosphorsaurer Kalk	0,44	— „
Schwefelsaurer Kalk	6,69	— „
Chlornatrium	9,03	— „
Kieselerde	12,78	— „
	100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		14,50
Aschenprocente		10,89.

Umbelliferae.

1. *Gefleckter Schierling (Conium maculatum).*

Wrightson, Giessen, Analyse der Blätterasche (Kohlensäure = 13,68; Kohle und Sand = 10,94).

		Sauerst.
Kali	21,69	— 3,68
Natron	9,64	— 2,49
Kalk	14,94	— 4,27
Talkerde	8,39	— 3,25
Phosphorsaures Eisenoxyd	3,49	— „
Phosphorsaurer Kalk	16,75	— „
Schwefelsaurer Kalk	5,88	— „
Chlornatrium	16,60	— „
Kieselerde	2,62	— „
	100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		13,69
Aschenprocente		12,80.

Wrightson fügt der Mittheilung der beiden zuletzt angeführten Analysen die folgende Bemerkung bei: „Ich wählte die oben erwähn-

Digitized by Google

fast durchgängig sehr nahe. Der Phosphorsäuregehalt der Asche der Erbsen beträgt durchschnittlich 34 Procent, der Phosphorsäuregehalt der Cerealien dagegen 48 — 50 Procent. — Das Gesetz der gegenseitigen Vertretung der unorganischen Basen ist also auch für die Samen erwiesen.“ —

---

ten Pflanzen besonders deshalb zu einer Analyse, da ich häufig genug Gelegenheit gehabt hatte, die grosse Menge von Chlorverbindungen im frisch ausgepressten Safte dieser Pflanzen zu beobachten. Wenn das Albumin entfernt war, lieferte der mit Salpetersäure schwach angesäuerte Saft mit Silberlösung einen reichlichen käsigen Niederschlag von Chlorsilber, der sich in Ammoniak wieder löst. Die Säfte aller narkotischen Pflanzen zeigen diese Reaction, besonders aber der Saft von *Conium maculatum*, von *Hyoscyamus niger* und von *Atropa Belladonna*. Ob vielleicht das Chlor, als elektronegativer Bestandtheil, mit der Bildung der Alkaloide in den Pflanzen zusammenhängt, ob es eine Rolle spielt, ähnlich der der unorganischen Basen bei der Bildung der Pflanzensäuren, über die wir jetzt fast ganz im Klaren sind, lässt sich bis jetzt nur vermuthen; aber wenn das Chlor als unveränderlicher Bestandtheil aller dieser Pflanzen gefunden wird, wo sie auch nur wachsen, so gewinnt diese Vermuthung viel an Wahrscheinlichkeit.“ — „Bemerkenswerth ist die grosse Menge Stickstoff, die in diesen Pflanzen enthalten ist. 0,1058 Grm. der bei 100° getrockneten Blätter von *Conium maculatum* enthalten 0,0135 Grm. Asche, es bleiben daher 0,0923 Grm. organische Bestandtheile; diese geben, nach der Methode von Will und Varrentrapp auf Stickstoff geprüft, 0,0445 Platin oder 6,86 Proc. Stickstoff. Die Asche von *Atropa Belladonna* enthält 8,64 Proc. Chlor, fast ebenso viel wie die Asche von *Conium maculatum*. Der Stickstoff, der in dieser Pflanze enthalten ist, beträgt 6,28 Proc.“

Solaneen.

1. *Tabak (Nicotiana Tabacum).*

Die im Folgenden mitgetheilten Analysen von Tabaksaschen (I bis X) wurden von Fresenius und Will ausgeführt. Die mit I. II und III bezeichneten Sorten stammen aus der Debreczyner Gegend in Ungarn, IV aus dem Banat und V bis X aus dem Fünfkirchner District. Mit Ausnahme der 4 letzten Sorten (VII bis X) bestanden alle aus vollkommen gesunden, theilweise noch eine grüne Farbe zeigenden Blättern, die aber in ihrer Grösse, in der mehr oder weniger üppigen Ausbildung nicht zu verkennende Verschiedenheiten darboten. V sind Fünfkirchner Blätter vom Jahr 1840, VI vom Jahr 1841, VII waren in der Zimmerwärme getrocknete, ein gröbliches Pulver bildende Blätter, VIII bestand aus dem Mehl von Blättern vom Jahr 1841, IX aus dem Mehl von Stengeln und X war das Mehl von Fünfkirchner Blättern vom Jahr 1839.

In den hier mitgetheilten analytischen Resultaten sind folgende, bei der directen Analyse gefundene, Quantitäten an Kohlensäure, Kohle und Sand in Abzug gebracht und der Rückstand auf 100 Theile berechnet worden: I. Kohlensäure = 10,45, Kohle und Sand = 10,31; II. Kohlensäure = 9,11, Kohle und Sand = 13,50; III. Kohlensäure = 14,78, Kohle und Sand = 4,73; IV. Kohlensäure = 15,90, Kohle und Sand = 6,46; V. Kohlensäure = 15,09, Kohle und Sand = 13,72; VI. Kohlensäure = 21,95, Kohle und Sand = 8,04; VII. Kohlensäure = 22,69, Kohle und Sand = 11,62; VIII. Kohlensäure = 17,08, Kohle und Sand = 19,36; IX. Kohlensäure = 17,39, Kohle und Sand = 13,80; X. Kohlensäure = 17,49, Kohle und Sand = 23,75.

Digitized by Google

„Die Verschiedenheit des stickstoffhaltigen Bestandtheils der

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.	III.	Sauerst.
Kali	29,08	4,94	30,67	5,21	27,88	4,73
Natron	2,26	0,58	„	„	„	„
Kalk	27,67	7,91	24,79	7,08	31,16	8,93
Talkerde	7,22	2,80	8,57	3,32	7,31	2,83
Phosphors. Eisenoxyd	8,78	„	6,03	„	6,39	„
„ Kalk	„	„	„	„	„	„
Schwefelsaurer Kalk	6,43	„	5,60	„	6,43	„
Chlornatrium	0,91	„	5,95	„	9,34	„
Chlorkalium	„	„	„	„	4,90	„
Kieselerde	17,65	„	18,39	„	6,59	„
	100,00		100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen	16,23		15.61		16,46	
Aschenprocente	18,9		22,2		24,5	

	IV.	Sauerst.	V.	Sauerst.	VI.	Sauerst.
Kali	18,20	3,09	8,20	1,75	19,55	3,32
Natron	„	„	„	„	0,27	0,07
Kalk	27,86	7,96	42,77	12,22	44,49	12.71
Talkerde	15,73	6,09	13,93	5,40	11,07	4,29
Phosphors. Eisenoxyd	6,80	„	6,07	„	4,34	„
„ Kalk	„	„	„	„	5,97	„
Schwefelsaurer Kalk	10,11	„	7,96	„	5,63	„
Chlornatrium	11,41	„	3,22	„	3,54	„
Chlorkalium	3,92	„	8,53	„	„	„
Kieselerde	5,97	„	9,32	„	5,14	„
	100,00		100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen	17,14		18,97		20,39	
Aschenprocente	19,8		23,0		21,08	

	VII.	Sauerst.	VIII.	Sauerst.
Kali	9,68	1,64	9,36	1,59
Natron	„	„	„	„
Kalk	49,28	14,08	49,44	14,12
Talkerde	14,58	5,65	15,59	6,04
Phosphors. Eisenoxyd	5,19	„	6,72	„
„ Kalk	„	„	„	„
Schwefelsaurer Kalk	6,68	„	6,14	„
Chlornatrium	4,61	„	3,20	„
Chlorkalium	4,44	„	3,27	„
Kieselerde	5,54	„	6,28	„
	100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen	21,37		21,75	
Aschenprocente	23,28		23,28	

	IX.	Sauerst.	X.	Sauerst.
Kali	10,37	1,76	11,21	1,90
Natron	„	„	„	„
Kalk	39,53	11,29	47,03	13,44
Talkerde	15,04	5,83	12,77	4,95
Phosphors. Eisenoxyd	7,56	„	6,30	„
„ Kalk	„	„	„	„
Schwefelsaurer Kalk	9,42	„	5,11	„
Chlornatrium	6,39	„	2,58	„
Chlorkalium	2,99	„	2,95	„
Kieselerde	8,34	„	12,03	„
	100,00		100,00	

Digitized by Google

Leguminosen, des Pflanzencaseïns, von dem stickstoffhaltigen

Sauerstoffgehalt der Basen . .	18,88	20,29
Aschenprocente	22,83	27,36.

In den zu den Blättern dieser Tabakssorten gehörigen Stengeln fanden Will und Fresenius bei I. 22,9; II. 24,3; III. 21,53; IV. 22,5 und bei V. 19,8 Proc. Asche. — Wie sich der Sauerstoffgehalt der Basen herausstellt, wenn man diese für sich allein auf 100 Theile berechnet, ist bereits oben (S. 312) mitgetheilt worden.

Zur Vergleichung führen wir noch die schon früher von Hertwig ausgeführten Analysen an und geben die analytischen Resultate in der Ordnung, wie dieser Chemiker sie zusammengestellt hat (vgl. Liebig's *Agriculturchemie*, 6te Aufl. S. 328), I. Havannatabak und II. Hannöverscher Tabak.

	I.	II.
Kohlensaures Kali . .	6,18	„
Kohlensaures Natron .	19,40	1,61
Schwefelsaures Kali . .	„	11,11
Chlornatrium	8,64	9,24
Schwefelsaures Natron .	7,39	1,09
Kohlensaurer Kalk . .	51,38	40,00
Talkerde	7,09	4,27
Phosphorsaurer Kalk .	9,04	17,95
Kieselerde	8,26	15,25
	117,38	100,52.

2. *Stechapfel (Datura Strammonium).*

Souchay, Giessen, Analyse der Samen (Kohle = 10,21).

		Sauerst.
Kali	20,22 —	3,43
Natron . . .	14,24 —	3,68
Kalk	4,11 —	1,18
Talkerde . .	17,56 —	6,80
Eisenoxyd .	3,94 —	—
Phosphorsäure	34,72 —	19,28
Kieselerde . .	5,21 —	—
	100,00	
Sauerstoff der Basen .		15,09.

3. *Kartoffel (Solanum tuberosum).*

I. Boussingault, Bechelbronn (Kohlensäure = 13,4; Kohle, Feuchtigkeit und Verlust = 0,7); II. Way, in Daubeny's Abhandlung (Kohlensäure = 5,94; Eisenoxyd = 6,35; Sand u. Kohle = 5,93).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.
Kali	59,97 —	10,18	46,96 —	7,95
Natron . . .	Spur —	„	„ —	„
Kalk	2,09 —	0,60	3,35 —	0,96
Talkerde . .	6,29 —	2,44	13,58 —	5,26
Eisenoxyd . .	0,57 —	„	„ —	„
Phosphorsäure	13,16 —	7,31	11,91 —	6,61
Schwefelsäure	8,26 —	4,95	6,50 —	3,90
Chlor . . .	3,14 —	„	„ —	„
Chlornatrium	„ —	„	2,41 —	„
Chlorkalium .	„ —	„	8,11 —	„
Kieselerde .	6,52 —	„	7,17 —	„
	100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		10,47		12,87.

Digitized by Google

Bestandtheile der Cerealien, dem Pflanzenfibrin, in seinem Ver-

---

A. Vogel jun. fand in der Asche der Kartoffeln:

a. In Wasser unlösliche Stoffe	17,5	Proc.
b. „ „ lösliche „	82,5	„
	100,0.	

a. Die unlöslichen Stoffe bestanden aus:

Phosphorsauren Salzen (Kalk, mit Spuren von Talkerde, Thonerde und Eisenoxyd) . .	9,00
Kohlens. Salzen (Kalk mit wenig Talkerde)	8,50

b. Die auflöslichen Stoffe bestanden aus:

Schwefelsaurem Kali	15,09
Phosphorsaurem Kali	12,38
Kohlensaurem Kali	21,01
Kohlensaurem Natron	34,02
	100,00.

In 3 Versuchen fand Vogel stets 1 Proc. Natron mehr als Kali in der Asche; Kieselerde war nicht vorhanden.

Hertwig erhielt aus den bei 100° getrockneten Kartoffeln 3,3 Proc. Rückstand; hierin waren 85,81 Proc. auflösliche und 14,09 unauflösliche Bestandtheile. Es enthält die Asche der Kartoffeln gegen 14 Mal mehr auflösliche und 6 Mal weniger unauflösliche Bestandtheile als das Kraut dieser Pflanze. Die Asche des *Kartoffelkrauts* fand derselbe Chemiker, wie folgt, zusammengesetzt:

Kohlensaures Kali Kohlensaures Natron Schwefelsaures Kali	4,69
Chlornatrium	2,28
Kohlensaurer Kalk . . .	43,68
Talkerde	3,76
Phosphorsaurer Kalk Phosphorsaure Talkerde	5,73
Phosphorsaures Eisenoxyd	1,30
Phosphorsaure Thonerde	2,75
Kieselerde	29,81
	94,08.

Da es so ausserordentlich schwer ist, das Kraut bei aller Sorgfalt ganz frei von allen fremden erdigen Bestandtheilen zu erhalten, so ist hier, nach der Vermuthung Hertwig's, wahrscheinlich der Kieselerdegehalt etwas zu gross.

Synanthereen.

1. *Madia sativa.*

Souchay, Giessen, Analyse der Samen (Kohle = 4,16).

		Sauerst.
Kali	9,53 —	1,62
Natron . . .	11,24 —	2,90
Kalk	7,74 —	2,21
Talkerde . .	15,42 —	5,97
Eisenoxyd . .	1,08 —	„
Phosphorsäure	54,99 —	30,55
	100,00	

Sauerstoffgehalt d. Basen 12,70.

2. *Kornblume (Centaurea Cyanus).*

Rülling, Giessen, Analyse der Pflanze (Kohlensäure = 15,000; Kohle, Sand und Verlust = 1,607).

Digitized by Google

halten gegen Lösungsmittel, steht offenbar mit dem grösseren Gehalte der Samen der Leguminosen an alkalischen Basen (im Vergleiche zur Menge der Phosphorsäure) in der nächsten Beziehung. Dieser Mehrgehalt an Basen bedingt die Löslichkeit des

---

		Sauerst.
Kali	43,83 —	7,44
Kalk	18,56 —	5,30
Talkerde	5,46 —	2,12
Phosphorsaures Eisenoxyd	2,81 —	„
Phosphorsäure	7,91 —	4,40
Schwefelsäure	3,23 —	1,94
Chlorkalium	14,25 —	„
Kieselerde	3,95 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		14,21
Aschenprocente		7,32.

3. *Brachen-Kamille (Anthemis arvensis).*

Rüling, Giessen, Analyse der Pflanze (Kohlensäure = 14,300; Kohle, Sand und Verlust = 2,181).

		Sauerst.
Kali	36,62 —	6,22
Kalk	19,17 —	5,48
Talkerde	4,38 —	1,68
Phosphorsaures Eisenoxyd	5,72 —	„
Phosphorsäure	11,90 —	6,61
Schwefelsäure	5,52 —	3,31
Chlorkalium	8,56 —	„
Kieselerde	8,13 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		12,28
Aschenprocente		9,66.

4. *Echte Kamille (Matricaria Chamomilla).*

Rüling, Giessen, Analyse der Pflanze; I. (Kohlensäure = 17,000; Kohle und Verlust = 0,823). II. (Kohlensäure = 15,200; Kohle und Verlust = 0,937).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.
Kali	30,97 —	5,26	38,48 —	6,54
Kalk	23,22 —	6,63	19,72 —	5,67
Talkerde	5,99 —	2,32	5,69 —	2,21
Phosphorsaures Eisenoxyd	2,89 —	„	2,85 —	„
Phosphorsäure	6,23 —	3,46	9,31 —	5,17
Schwefelsäure	6,04 —	3,63	5,20 —	3,12
Chlorkalium	22,65 —	„	16,97 —	„
Kieselerde	2,01 —	„	1,81 —	„
	100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		13,00		13,38
Aschenprocente		8,51		9,69.

5. *Topinambur (Helianthus tuberosus).*

Boussingault, Bechelbronn (Kohlensäure = 11,0; Kohle, Feuchtigkeit und Verlust = 7,6).

Digitized by Google

Legumins in Wasser, während das Pflanzenfibrin darin unlöslich

		Sauerst.
Kali	54,66 —	9,48
Natron . . .	Spur —	„
Kalk	2,82 —	0,81
Talkerde . .	2,21 —	0,86
Eisenoxyd . .	6,38 —	„
Phosphorsäure	13,27 —	7,37
Schwefelsäure	2,70 —	1,62
Chlor . . .	1,97 —	„
Kieselerde . .	15,99 —	„
	100,00	
Sauerstoff der Basen		10,34.

Fagopyrinen.

1. *Buchweizen (Polygonum Fagopyrum).*

Bichon, Unterrhein, zwischen Cleve und Emmerich; Analyse der Samen (Kohle und Verlust = 0,15).

		Sauerst.
Kali	8,75 —	1,49
Natron . . .	20,13 —	5,20
Kalk	6,67 —	1,91
Talkerde . .	10,39 —	4,03
Eisenoxyd . .	1,05 —	„
Phosphorsäure	50,15 —	27,86
Schwefelsäure	2,17 —	1,30
Kieselerde . .	0,69 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		12,20
Aschenprocente . . .		2,125.

Der Boden, auf welchem der Buchweizen gezogen wurde, war zuvor Roggenland gewesen und mit Kuh- und Pferdemist gedüngt worden; eine quantitative Analyse desselben ergab folgende Resultate:

Glühverlust	5,30 Grm.
Kieselerde	71,78 „
Kali	2,13 „
Natron . . .	2,08 „
Eisen	3,13 „
Thonerde . .	7,76 „
Talkerde . .	0,97 „
Kalk	1,51 „
Phosphorsäure	0,85 „
Schwefelsäure, Chlor, Mangan	Spuren
	95,51.

Ulmaceen.

1. *Gemeine Ulme (Ulmus campestris).*

Wrightson, Giessen; I. Analyse des Holzes, Mittel aus 2 nahe übereinstimmenden Analysen (Kohlensäure = 29,12; Kohle und Sand = 3,76); II. Analyse der Rinde (Kohlensäure = 30,45; Kohle = 1,46).

Digitized by Google

ist. Es ist sonach Grund zu der Annahme vorhanden, dass auch

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.
Kali	21,92	3,72	2,22	0,38
Natron	13,72	3,54	10,09	2,61
Kalk	47,80	13,97	72,70	20,77
Talkerde	7,71	2,99	3,19	1,24
Phosphorsaures Eisenoxyd	1,69	„	1,19	„
Phosphorsäure	2,81	1,56	1,22	0,68
Schwefelsäure	1,28	0,77	0,62	0,37
Kieselerde	3,07	„	8,77	„
	100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		23,96		24,88.

Chenepodeen.

1. *Gemeines Salzkraut (Salsola Tragus).*

Guibourt, Analyse der Pflanze aus der Gegend von Cherbourg.

Kohlensaures Kali	29,04
Chlorkalium	17,89
Schwefelsaures Kali	4,93
Kohlensaurer Kalk	40,26
Phosphorsaurer Kalk und Eisenoxyd	7,88
	100,00.

„Diese Resultate sind sehr merkwürdig, weil sie die Existenz von Kali und die Abwesenheit von Natron in einer Pflanze nachweisen, die an der Küste des Meeres gewachsen ist und einem Geschlechte angehört, welchem die Production von Natron sonst durchaus eigenthümlich ist.“ (Guibourt.)

Abich sagt in seiner Abhandlung *über die Natronseen auf der Araxes-Ebene und über die dortigen Sodapflanzen:* „Wenn man nun die Lösung der Frage versucht: woher kommt das kohlensaure Natron, welches vorzugsweise auf der Araxes-Ebene, theils dem Boden beigemengt, theils in fester und flüssiger Gestalt in den vorhin beschriebenen Seen auftritt? so sieht man sich unwillkührlich in das Gebiet der Pflanzenphysiologie geführt, denn viele Gründe, die unmittelbar aus der geognostischen Beobachtung fliessen, vereinigen sich, um eine fortdauernde Zerlegung des Chlornatriums durch den Vegetationsprocess solcher Pflanzen für wahrscheinlich zu halten, die zu den alkalischen gehören und in welchen die isomorphen Elemente Natron und Kali sich doch aller Wahrscheinlichkeit nach auf eine ähnliche Weise unbeschadet der specifischen Natur der Pflanze gegenseitig auszutauschen vermögen, wie bei den anorganischen Verbindungen, wie Albit, Feldspath etc. (Ist diese Vermuthung Wahrheit, sollte es dann zwischen den reinen Kali- und den reinen Natronpflanzen nicht vielleicht auch eine Reihe von Uebergängen geben, zu welcher verschiedene Species ganz besonders gehören?) — Wenn nun die Bewohner der Araxes-Ebene durch das einfache Verbrennen der *Salsola Soda* und anderer Sodapflanzen ein beinahe vollständig in Wasser lösliches, zum grösseren Theil aus kohlensaurem Natron bestehendes Salz gewinnen, so muss dieses kohlensaure Natron doch schon vor dem Verbrennen der Pflanze entweder als solches oder als pflanzensaures Salz auf gleiche Weise vorhanden sein, wie das schwefelsaure Natron in den Natronpflanzen derjenigen Localitäten, wo Glaubersalz vorherrscht und Chlornatrium wenig oder gar nicht zu bemerken ist. Demgemäss scheint es doch natürlich, dass bei dem Verwesungsprocesse der Pflanzen das gebildete kohlensaure Natron mit den übrigen Bestandtheilen der Pflanze in den Boden zurückkehrt, und ohne das Mitwirken einer

Digitized by Google

in den Leguminosen die phosphorsauren Salze im zweibasischen

---

anderen möglichen Quelle dieses Salzes, etwa aus den zersetzten, kohlensaures Natron haltenden Gesteinen, ganz ausschliessen zu wollen, wird es doch sehr glaublich, dass ein ungestört fortgehender Vegetationsprocess auf Kosten des Chlornatriums eine immer grössere Anhäufung von kohlensaurem Natron in dem Boden hervorbringen muss. — Ein solcher Vegetationsprocess findet nun aber unausgesetzt und an vielen Stellen gewiss ganz ungestört Jahr aus Jahr ein auf der Araxes-Ebene Statt, und zwar beobachtungsmässig ganz besonders an denjenigen Localitäten, wo die von Natronsalzen durchdrungenen thonigen Mergel sich am wenigsten mit fremdartigen Trümmern und Geschieben vermischt haben, und so liesse sich auch die Möglichkeit denken, dass die aussergewöhnlichen Ansammlungen von kohlensaurem Natron in der That der Wirkung des Vegetationsprocesses auf Chlornatrium zugeschrieben werden müssten. — Wie es sich nun hierbei mit den schwefelsauren Salzen verhält, ob dieselben, einmal in die Alkalipflanze übergegangen, wenig oder gar keine Veranlassung zu pflanzensauren Salzen und deren Umbildung in kohlensaure geben, wie es die schlechte, glaubersalzreiche Soda von chlornatriumarmen Terrains zu beweisen scheint, und ob ferner irgend eine im normalen Zustande der Pflanze an Natron gebundene Pflanzensäure unter Umständen von Schwefelsäure vertreten werden kann, sind noch weitere Fragen, die der Geognost, dem sich Erscheinungen aufdrängen, die in dem Zusammenhange zwischen der Naturbeschaffenheit des Bodens und der auf demselben lebenden Pflanzenwelt beruhen, an den Botaniker und Physiologen zu machen hat."

2. *Runkelrübe (Beta vulgaris).*

Boussingault, Bechelbronn (Kohlensäure = 16,1; Kohle, Feuchtigkeit und Verlust = 4,2).

		Sauerst.
Kali	48,96 —	8,31
Natron . . .	7,54 —	1,95
Kalk	8,78 —	2,51
Talkerde . .	5,52 —	1,75
Eisenoxyd . .	3,11 —	„
Phosphorsäure	7,54 —	4,20
Schwefelsäure	2,01 —	1,20
Chlor . . .	6,52 —	„
Kieselerde .	10,02 —	„
	100,00	

Sauerstoffgehalt d. Basen 12,65.

3. *Stoppelrüben.*

Boussingault, Bechelbronn (Kohlensäure = 14,0; Kohle, Feuchtigkeit und Verlust = 5,5).

		Sauerst.
Kali	41,85 —	7,11
Natron . . .	5,10 —	1,32
Kalk	13,55 —	3,87
Talkerde . .	5,35 —	2,07
Eisenoxyd . .	1,49 —	„
Phosphorsäure	7,55 —	4,20
Schwefelsäure	13,55 —	7,13
Chlor . . .	3,60 —	„
Kieselerde .	7,96 —	„
	100,00	

Sauerstoffgehalt d. Basen 11,18.

Digitized by Google

Zustande zugegen sind, wie in den Samen der Cerealien; das dritte Atom der Basis wäre sodann mit dem Pflanzencaseïn verbunden, und erst durch die Einäscherung würde das dreifach-phosphorsaure Salz sich bilden. — Bemerkenswerth ist der constant höhere Gehalt an Schwefelsäure (3,5 — 4,9 Proc.) in der Asche

---

Urticeen.

1. *Hanf (Cannabis sativa).*

I. Leuchtweiss, Analyse der Samen, Giessen (Kohle und Sand = 6,19). II. Kane, Analyse der Pflanze, England (Kohlensäure = 31,90).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.
Kali	21,75 —	3,69	10,98 —	1,86
Natron . . .	0,66 —	0,17	1,06 —	0,27
Kalk	26,74 —	7,64	61,75 —	17,60
Talkerde . .	1,00 —	0,39	7,17 —	2,78
Eisenoxyd . .	0,77 —	„	„ —	„
Thonerde . .	„ —	„	0,54 —	„
Phosphorsäure	34,80 —	19,33	4,73 —	2,63
Schwefelsäure	0,13 —	0,08	1,61 —	0,96
Chlor . . .	„ —	„	2,25 —	
Chlornatrium .	0,09 —	„	„ —	„
Kieselerde .	14,06 —	„	9,91 —	„
	100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		11,86		21,68
Aschenprocente		5,60		—

In den Hanfblättern fand Kane 22,00, in den Stengeln 4,54 Proc. Asche.

2. *Hopfen (Humulus Lupulus).*

Nesbit, England; I. Analyse der ganzen Pflanze (Kohlensäure, Kohle und Sand abgerechnet); II. Analyse der Blätter und III. der Stengel und Ranken (ebenfalls nach Abzug von Kohlensäure, Kohle und Sand).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.	III.	Sauerst.
Kali	25,18 —	4,28	14,95 —	2,54	24,35 —	4,14
Natron . . .	„ —	„	0,39 —	0,10	„ —	„
Kalk	15,98 —	4,57	49,67 —	14,19	38,73 —	11,06
Talkerde . .	5,77 —	2,24	2,39 —	0,39	4,10 —	1,59
Phosphorsäure	12,13 —	6,74	3,52 —	1,95	6,92 —	3,85
Schwefelsäure	5,41 —	3,24	5,04 —	3,03	3,44 —	2,07
Chlornatrium	7,24 —	„	9,49 —	„	6,47 —	„
Chlorkalium .	1,67 —	„	„ —	„	9,64 —	„
Eisenoxyd . .	5,12 —	„	2,41 —	„	0,28 —	„
Kieselerde . .	21,50 —	„	12,14 —	„	6,07 —	„
	100,00		100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		10,01		16,73		16,00
Aschenprocente		9,87		13,60		3,74.

Cupuliferen.

1. *Eiche (Quercus Robur).*

a. Analyse der *Samen.*

Kleinschmidt, Giessen (Kohlensäure = 14,26; Kohle und Sand = 4,28).

Digitized by Google

der Erbsen, im Vergleiche zu dem der übrigen Samen, der in der Asche der Bohnen 2 Procent, in der Asche des Weizens und Roggens kaum 0,5 Procent übersteigt und noch öfter ganz fehlt. Es ist wahrscheinlich, dass auch hiervon der geringere Phosphorsäuregehalt die Ursache ist, indem der Schwefel der

		Sauerst.
Kali	64,64 —	10,98
Kalk	4,89 —	1,40
Talkerde	5,57 —	2,16
Phosphorsaures Eisenoxyd	2,61 —	„
Phosphorsäure	15,62 —	8,68
Schwefelsaurer Kalk	4,73 —	„
Chlornatrium	0,98 —	„
Kieselerde	0,96 —	„
	100,00	
Sauerstoff der Basen		14,54.

b. Analyse des *Holzes.*

Denninger, Giessen (Kohlensäure = 33,47; Kohle = 0,20).

		Sauerst.
Kali	8,43 —	1,43
Natron	5,65 —	1,46
Kalk	75,45 —	21,56
Talkerde	4,49 —	1,74
Eisenoxyd	0,57 —	„
Phosphorsäure	3,46 —	1,92
Schwefelsäure	1,16 —	0,79
Chlor	0,01 —	„
Kieselerde	0,78 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		25,93.

2. *Gemeine Buche (Fagus sylvatica).*

a. Analyse der *Samen.*

Souchay, Giessen (Kohlensäure = 9,11; Kohle = 9,39; Verlust = 2,05).

		Sauerst.
Kali	22,75 —	3,86
Natron	9,48 —	2,43
Kalk	24,44 —	6,98
Talkerde	11,60 —	4,49
Eisenoxyd	2,66 —	„
Manganoxydoxydul	3,10 —	„
Phosphorsäure	20,74 —	11,52
Schwefelsäure	2,20 —	1,32
Chlornatrium	0,86 —	„
Kieselerde	1,87 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		17,32.

b. Analyse des *Holzes* und der *Rinde.*

Böttinger, Giessen (Kohlensäure = 24,85; Kohle und Sand = 0,78; Ueberschuss = 0,34).

Digitized by Google

stickstoffhaltigen Bestandtheile bei dem Einäschern von den alkalischen Basen leichter als Schwefelsäure zurückgehalten werden

		Sauerst.
Kali	15,80 —	2,67
Natron	2,76 —	0,70
Kalk	60,35 —	16,95
Talkerde	11,28 —	4,33
Phosphorsaures Eisenoxyd	1,84 —	„
Phosphorsaurer Kalk	3,99 —	„
Schwefelsaurer Kalk	2,30 —	„
Chlornatrium	0,21 —	„
Kieselerde	1,47 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		24,65.

Das phosphorsaure Eisenoxyd und der phosphorsaure Kalk sind nach den Formeln $3\,Ph^2\,O^5 + 2\,Fe^2\,O^3$ und $Ph^2\,O^5 + 3\,Ca\,O$ berechnet worden.

Die von Hertwig untersuchte Asche des Buchenholzes (I) und der Buchenrinde (II) fand er folgendermaassen zusammengesetzt:

	I.	II.
Kohlensaures Kali	11,72	
Kohlensaures Natron	12,37	3,02
Schwefelsaures Kali	3,49	
Kohlensaurer Kalk	49,54	64,76
Talkerde	7,74	16,90
Phosphorsaurer Kalk	3,32	2,71
Phosphorsaure Talkerde	2,92	0,66
Phosphorsaures Eisenoxyd	0,76	0,46
Phosphorsaure Thonerde	1,51	0,84
Phosphorsaures Manganoxydul	1,59	„
Kieselerde	2,46	9,04
	97,42	98,39
Aschenprocente	0,384	6,618 Proc.

Das relative Verhältniss des Aschengehalts von Holz und Rinde ist demnach wie 1 zu 18,8 oder = 5 : 94. Ferner giebt die Rinde 2 Mal mehr auflösliche und 25 Mal mehr unlösliche Aschenbestandtheile als das Holz.

Abietineen.

1. *Rothtanne (Pinus picea).*

Poleck, Giessen, Analyse der Samen (Kohle und Sand = 15,91).

		Sauerst.
Kali	21,73 —	3,69
Natron	6,75 —	1,74
Kalk	1,54 —	0,43
Talkerde	16,77 —	6,50
Eisenoxyd	1,31 —	„
Phosphorsäure	39,63 —	22,02
Chlornatrium	0,57 —	„
Kieselerde	11,70 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		12,36
Aschenprocente		4,47.

Hertwig analysirte die Asche I. des Tannenholzes, II. der Tannenrinde, III. der Tannennadeln und IV. der Fichtennadeln.

Digitized by Google

kann. Lässt man die frisch bereiteten Samenaschen mit drei-

	I.	II.	III.	IV.
Kohlensaures Kali . .	11,30			
Kohlensaures Natron .	7,42			
Schwefelsaures Kali . .	„	2,95	2,76	10,72
Chlornatrium	„		nicht bestimmt	1,95
Kohlensaurer Kalk . .	50,94	64,98	15,41	63,98
Talkerde	5,60	0,93	3,89	1,86
Phosphorsaurer Kalk .	3,43	5,03		6,35
Phosphorsaure Talkerde	2,90	4,18	38,36	
PhosphorsauresEisenoxyd	1,04	1,04		0,88
Phosphorsaure Thonerde	1,75	2,42		0,71
Kieselerde	13,37	17,28	12,36	10,31
	97,75	98,81		96,76
Aschenprocente . . .	0,328	1,785	2,310	6,25.

2. *Gemeine Kiefer (Pinus sylvestris).*

a. Analyse der *Samenasche.*

Poleck, Giessen (Kohle und Sand = 16,71).

		Sauerst.
Kali	22,38 —	3,80
Natron . . .	1,26 —	0,33
Kalk	1,86 —	0,53
Talkerde . .	15,09 —	5,85
Phosphorsäure	45,96 —	25,53
Eisenoxyd . .	3,01 —	„
Kieselerde .	10,44 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		10,51
Aschenprocente		4,98.

b. Analyse der *Holzasche.*

Böttinger, Giessen. I. Der Baum, von dem das Holz genommen wurde, war krank (Kohlensäure = 12,50; Kohle und Sand = 6,03). II. Der Baum war abgestorben (Kohlensäure = 14,40; Kohle und Sand = 8,55). III. Levi, Giessen (Kohlensäure = 31,0).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.	III.	Sauerst.
Kali	2,79 —	0,47	0,93 —	0,15	10,05 —	1,71
Natron	15,99 —	4,09	14,59 —	3,73	9,98 —	2,58
Kalk	30,36 —	8,52	33,99 —	9,54	44,00 —	12,57
Talkerde	19,76 —	7,45	20,01 —	7,74	13,47 —	5,22
Manganoxyduloxyd .	18,17 —	„	7,61 —	„	„ —	„
Phosphors. Eisenoxyd	5,10 —	„	2,28 —	„	6,02 —	„
Eisenoxyd	„ —	„	7,74 —	„	1,63 —	„
Schwefelsaurer Kalk	3,31 —	„	5,05 —	„	5,19 —	„
Chlornatrium . . .	1,48 —	„	2,52 —	„	1,17 —	„
Kieselerde	3,04 —	„	5,28 —	„	8,39 —	„
	100,00		100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen .		20,53		21,16		22,08
Aschenprocente		0,143		0,190.		

3. *Gemeiner Lärchenbaum (Pinus Larix).*

Böttinger, Giessen; Analyse des Holzes (Kohlensäure = 22,15; Kohle und Sand = 7,49).

Digitized by Google

basisch-phosphorsauren Salzen an der Luft liegen, so nehmen sie

		Sauerst.
Kali	15,24 —	2,58
Natron	7,27 —	1,86
Kalk	25,86 —	7,26
Talkerde	24,51 —	9,67
Manganoxyduloxyd	13,51 —	„
Phosphorsaures Eisenoxyd	6,18 —	„
Schwefelsaurer Kalk	2,91 —	„
Chlornatrium	0,92 —	„
Kieselerde	3,60 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		21,37
Aschenprocente		0,322.

Aschenanalysen monocotyledonischer Gewächse.

Orontiaceen.

1. *Acorus Calamus.*

Rüling, Giessen; Analyse der Pflanzenasche (Kohlensäure = 5,400; Verlust = 1,007).

		Sauerst.
Kali	35,19 —	5,96
Kalk	12,27 —	3,51
Talkerde	8,25 —	3,20
Manganoxyduloxyd	1,52 —	„
Phosphorsaures Eisenoxyd	2,97 —	„
Phosphorsäure	13,19 —	7,33
Schwefelsäure	5,42 —	3,25
Chlornatrium	2,96 —	„
Chlorkalium	15,66 —	„
Kieselerde	2,57 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		11,59
Aschenprocente		6,90.

Asparagineen.

1. *Spargel (Asparagus).*

Levi, Giessen (Kohlensäure = 25,71; Kohle und Verlust = 2,70).

		Sauerst.
Kali	28,08 —	4,77
Natron	3,96 —	1,02
Kalk	18,05 —	5,16
Talkerde	4,44 —	1,72
Eisenoxyd	5,78 —	„
Phosphorsäure	13,75 —	7,65
Schwefelsäure	7,85 —	5,71
Chlor	4,40 —	„
Kieselerde	13,69 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		10,01.

Cyperoideen.

1. *Carex caespitosa.*

Wiegmann, Analyse der Pflanzenasche (Kohlensäure = 10,99).

Digitized by Google

Kohlensäure auf. Dies ist der Grund, warum Boussingault

		Sauerst.
Schwefelsaures Natron } Chlornatrium . . . . }	15,83	
Kalk	11,20 —	3,20
Talkerde	3,20 —	1,24
Eisenoxyd	3,45 —	1,06
Thonerde	0,48 —	0,23
Phosphorsäure	7,86 —	4,37
Manganoxyd	4,73 —	1,43
Kieselerde	53,25 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen . . .		4,44
Aschenprocente		7,50.

2. *Eriophorum vaginatum.*

Wiegmann, Analyse der Pflanzenasche (nach Abzug der Kohlensäure).

		Sauerst.
Kali	14,73 —	2,50
Natron . . .	27,88 —	7,20
Kalk	7,98 —	2,28
Talkerde . .	10,76 —	4,17
Eisenoxyd . .	1,10 —	„
Manganoxyd .	3,54 —	„
Thonerde . .	2,08 —	„
Phosphorsäure	13,93 —	7,74
Schwefelsäure	6,30 —	3,78
Chlor . . .	0,82 —	„
Kieselerde . .	10,88 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		14,80
Aschenprocente . . .		3,156.

Gramineen.

1. *Gerste (Hordeum vulgare).*

a. Gerstenkörner.

I. Köchlin, Gerste aus der französischen Schweiz, Neufchatel (Kohle = 5,15; Ueberschuss = 1,87). II. Schmidt, Leipzig (Verlust = 0,83). III. Bichon, Unterrhein (Kohle und Verlust = 0.90). IV. Way, England, in der Nähe von Ensham in dem Oxforder Thon gewachsen (Kohle = 24,51; Eisenoxyd = 2,30).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.
Kali	13,75 —	2,34	20,91 —	3,55
Natron . . .	6,75 —	1,74	„ —	„
Kalk	2,21 —	0,63	1,67 —	0,48
Talkerde . . .	8,60 —	3,33	6,91 —	2,68
Eisenoxyd . .	1,07 —	„	2,10 —	0,65
Phosphorsäure	39,80 —	22,11	38,48 —	21,38
Schwefelsäure .	0,17 —	„	„ —	„
Kieselerde . .	27,63 —	„	29,10 —	„
	100,00		99,17	
Sauerstoffgehalt der Basen		7,98		6,71
Aschenprocente		2,70		„

Digitized by Google

in der Asche der Saubohne (1 Proc.) und der Bohne (3,3 Proc.) Kohlensäure gefunden hat."

	III.	Sauerst.	IV.	Sauerst.
Kali	3,96 —	0,67	19,0 —	3,21
Natron . . .	17,12 —	4.42	„ —	„
Kalk	3.39 —	0,97	3,6 —	1.03
Talkerde . .	10,16 —	3,94	7,6 —	2,95
Eisenoxyd . .	1,96 —	„	„ —	„
Phosphorsäure	41.00 —	22,78	31,1 —	17,28
Schwefelsäure	0,27 —	„	3,4 —	„
Kieselerde . .	22,14 —	„	33,0 —	„
Chlornatrium .	„ —	„	2,3 —	„
	100,00		100,0	
Sauerstoff der Basen . .		9,91		6,06
Aschenprocente . . .		2,375		2,04.

Der Boden, auf welchem die von Bichon analysirte Gerste gewachsen war, mit Königswasser ausgekocht, dann unter Zusatz von Salzsäure bis beinahe zur Trockne verdampft und der Rückstand mit Wasser aufgenommen, gab beim Hindurchleiten von Schwefelwasserstoffgas einen geringen schwarzen Niederschlag, welcher, durch Kochen mit Salpetersäure aufgelöst, sich bei Zusatz von Ammoniak bläulich färbte, mithin die Gegenwart des Kupfers andeutete. Im Uebrigen war der Boden ähnlich zusammengesetzt wie der, dessen Bestandtheile oben beim Buchweizen angegeben worden sind. — Die Gerste war von einem Felde, auf dem im vorhergehenden Jahre Flachs gestanden hatte und welches darnach mit Kuhmist gedüngt worden war.

b. Gerstenstroh.

Way; in der Nähe von Ensham, im Oxforder Thon gewachsen (Kohle und Sand = 4,20; Eisenoxyd = 4,74; Kohlensäure = 1,27).

		Sauerst.
Kali	24,74 —	4,20
Natron . . .	1,06 —	0,27
Kalk	9,81 —	2,23
Talkerde . .	1,70 —	0,66
Chlornatrium .	8,36 —	„
Phosphorsäure	1,82 —	1.01
Schwefelsäure	4.65 —	2,79
Kieselerde .	47,86 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		6,43
Aschenprocente . . .		4,20.

„Die bedeutenden Abweichungen in den Resultaten der Analysen der Gerstenasche von Sprengel, Bichon und Way veranlassten den letztern zu der Untersuchung, ob, wie Will und Fresenius behaupten, zwischen Gerste, welche in einem Inlande, wie in Oxfordshire, und derjenigen, welche an der Meeresküste cultivirt wird, hinsichtlich der alkalischen Bestandtheile eine merkliche Abweichung stattfindet. Zu den folgenden Analysen wurde eine Gerste von der Küste von Essex und eine andere von derjenigen Cardiganshire's in Süd-Wales verwendet. I. Gerstenkörner von der Küste von Essex (Sand und Kohle = 23,28; Eisenoxyd = 2,44). II. Gerstenstroh von derselben Ernte in Essex (Sand und Kohle = 8,59; Eisenoxyd = 4,25).

Digitized by Google

Das von Liebig aufgestellte Gesetz, dass die Sauerstoff-

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.
Kali	21,2 —	3,60	21,6 —	3,67
Natron . . .	1,3 —	0,34	0,7 —	0,18
Kalk . . .	4,5 —	1,29	6,1 —	1,74
Talkerde . .	7,2 —	2,79	5,7 —	2,21
Chlornatrium .	„ —	„	11,2 —	„
Phosphorsäure	29,2 —	16,22	4,9 —	2,72
Schwefelsäure	2,4 —	1,44	0,8 —	0,48
Kieselerde .	34,2 —	„	49,0 —	„
	100,0		100,0	
Sauerstoffgehalt d. Basen		7,54		7,64
Aschenprocente . . .		1,9		4,9.

Das Stroh der an der Küste von Wales gewachsenen Gerste wurde nicht untersucht, aber in der Asche der Körner wurden in 100 Theilen 9,64 Kali, 1,32 Chlornatrium und nur 0,84 Natron gefunden, wobei die geringere Menge von Kali durch die grössere Quantität zufälliger Substanzen, die in dem nach der Verbrennung hinterlassenen Residuum gegenwärtig waren, erklärt wird. Die geringere Natronmenge jedoch in beiden Fällen, wo die Substanz aus der Nähe des Meeres herstammte, scheint gegen die allgemeine Gültigkeit der von Will aufgestellten Behauptung zu sprechen, welche er aus der Vergleichung einer Analyse der im Innern Deutschlands gewachsenen Gerste mit derjenigen der aus den Niederlanden herstammenden Frucht ableitete.“ (Daubeny a. a. O.)

2. *Hafer (Avena sativa).*

a. Haferkörner.

I. Boussingault, Bechelbronn (Kohlensäure = 1,7; Kohle, Feuchtigkeit und Verlust = 3,0). II. Knop und Schnedermann, Leipzig (Kohlensäure = 6,2; Kohle = 0,8; Sand = 4,5).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.
Kali	13,50 —	2,29	15,40 —	2,62
Kalk	3,89 —	1,11	1,47 —	0,42
Talkerde . .	8,09 —	3,13	9,74 —	3,77
Eisenoxyd . .	1,38 und Manganoxyd		1,13 —	„
Phosphorsäure	15,64 —	8,69	18,69 —	10,38
Schwefelsäure	1,03 —	0,62	1,16 —	0,69
Chlor	0,52 —	„	„ —	„
Kieselerde . .	55,95 —	„	52,41 —	„
	100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		6,22		6,58.

b. Haferstroh.

I. Boussingault, Bechelbronn (Kohlensäure = 3,2; Kohle, Feuchtigkeit und Verlust = 2,5). II. Levi, Churhessen.

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.
Kali	26,02 —	4,42	12,18 —	2,07
Natron . . .	4,66 —	1,20	14,69 —	3,79
Kalk . . .	8,80 —	2,51	7,29 —	2,08
Talkerde . .	2,96 —	1,15	4,58 —	1,78
Eisenoxyd .	2,22 —	„	1,41 —	„
Phosphorsäure	3,18 —	1,77	1,94 —	1,07
Schwefelsäure	4,34 —	2,61	2,15 —	1,29
Chlor . . .	4,97 —	„	1,50 —	„
Kieselerde .	42,85 —	„	54,26 —	„
	100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		7,09		8,95.

Digitized by Google

menge aller alkalischen Basen zusammengenommen unter allen

Boussingault bemerkt, dass er sich über den verhältnissmässig geringen Kieselerdegehalt des von ihm untersuchten Haferstroh's gewundert habe; da aber zwei Analysen dieselben Resultate gegeben hätten, so müsse er von der Richtigkeit derselben überzeugt sein.

3. *Weizen (Triticum sativum).*

a. Weizenkörner.

I. Schmidt, Leipzig, (Kieselerde und Sand = 3,37; Verlust = 0,38). II. Thon, Solz in Churhessen (Kohle und Verlust = 0,68). III. Boussingault, Bechelbronn (Kohle, Feuchtigkeit und Verlust = 2,4). IV. Bichon, Holland (Verlust = 1,56). V. Fresenius und Will, Giessen, rother Weizen (Sand = 4,89). VI. Dieselben, weisser Weizen (Kohle, Sand und Verlust = 10,82).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.	III.	Sauerst.
Kali	27,04	4,59	24,30	4,13	30,12	5,12
Natron	0,45	0,11	10,42	2,69	„	„
Kalk	1,97	0,56	3,04	0,87	3,00	0,86
Talkerde	6,60	2,56	13,65	5,29	16,26	6,30
Eisenoxyd	1,35	„	0,52	„	„	„
Phosphorsäure	62,59	34,77	45,87	25,48	48,30	26,83
Schwefelsäure	„	„	0,27	0,16	1,01	0,60
Kieselerde	„	„	1,93	„	1,31	„
	100,00		100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		7,82		12,93		12,08

	IV.	Sauerst.	V.	Sauerst.	VI.	Sauerst.
Kali	6,53	1,11	21,87	3,71	33,84	5,75
Natron	28,23	7,29	15,75	4,07	„	„
Kalk	3,97	1,13	1,93	0,55	3,09	0,88
Talkerde	13,18	5,11	9,60	3,72	13,54	5,25
Eisenoxyd	0,51	„	1,36	„	0,31	„
Phosphorsäure	46,87	26,04	49,32	27,40	49,22	27,40
Schwefelsäure	0,28	0,17	0,17	0,10	„	„
Kieselerde	0,43	„	„	„	„	„
	100,00		100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		14,58		12,02		11,88.

Der Boden des von Bichon untersuchten Weizens war im vorhergehenden Jahre mit Klee bewachsen gewesen und darauf mit Kuh- und Pferdemist gedüngt worden.

b. Weizenstroh.

Boussingault, Bechelbronn (Kohle, Feuchtigkeit und Verlust = 3,7).

		Sauerst.
Kali	9,58	1,63
Natron	0,32	0,09
Kalk	8,86	2,53
Talkerde	5,18	2,01
Eisenoxyd	1,03	„
Phosphorsäure	3,22	1,79
Schwefelsäure	1,03	0,62
Chlor	0,62	„
Kieselerde	70,16	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		6,05.

Digitized by Google

Umständen bei den Gattungen einer und derselben Pflanzenfamilie

---

Petzholdt hat die Asche des *gesunden* und des *brandigen* Weizens untersucht und in seinen Analysen die folgenden Resultate gefunden.

I. Gesundes Stroh; II. Brandiges Stroh; III. Gesunde Körner; IV. Brandige Körner (nach Abzug der Kohle und des Sandes, sowie des bei den Analysen stattgehabten Verlustes).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.
Kali	15,493	— 2,63	15,034	— 2,55
Natron	3,137	— 0,81	5,512	— 1,42
Kalk	3,503	— 1,00	2,323	— 0,66
Talkerde	Spur	— „	Spur	— „
Eisenoxyd und Mangan	0,339	— „	0,319	— „
Chlor	0,037	— „	Spur	— „
Schwefelsäure	0,944	— 0,57	0,501	— 0,30
Phosphorsäure	4,085	— 2,27	10,388	— 5,77
Kieselerde	72,462	— „	65,922	— „
	100,000		100,000	
Sauerstoffgehalt der Basen		4,24		4,53
Aschenprocente		5,275		3,220.

	III.	Sauerst.	IV.	Sauerst.
Kali	25,812	— 4,38	26,687	— 4,53
Natron	2,681	— 0,69	7,195	— 1,86
Kalk	1,489	— 0,43	3,831	— 1,09
Talkerde	12,179	— 4,72	11,648	— 4,51
Eisenoxyd und Mangan	0,048	— „	0,051	— „
Chlor	Spur	— „	Spur	— „
Schwefelsäure	0,037	— 0,02	0,310	— 0,02
Phosphorsäure	57,319	— 31,84	50,013	— 27,79
Kieselerde	0,335	— „	0,258	— „
	100,000		100,000	
Sauerstoffgehalt der Basen		10,22		11,99
Aschenprocente		1,900		2,800.

Es ist zu bemerken, dass der gesunde und kranke Weizen einer und derselben Sorte angehörte, sowie dass er auf einem und demselben Felde und in einem und demselben Jahre gewachsen war.

Bei Gelegenheit der Mittheilung der von Schmidt ausgeführten Analyse der Weizenasche fügt Erdmann die folgende Bemerkung bei (Lieb. Ann. LIV. S. 355): „Ein Umstand, der mir sehr auffallend war, ist der, dass wir hier (Leipzig) in keiner Asche irgend merkliche Quantitäten von Natron finden; die oben angeführten 0,44 Proc. sind aus der Vergleichung der Menge des Chlorkaliums und des Platinkaliumchlorids abgeleitet, sonst konnte Natron nicht nachgewiesen werden. Bei der Gerste hat man sich mit der Prüfung der phosphorsauren Alkalien durch Reagentien begnügt, es fand sich kein Natron. In Roggenasche fand ich selbst die Menge des Kaliumplatinchlorids entsprechend. Nothwendig muss das Getreide Natron enthalten, denn woher sollten wir das Natron im Blute bei der Brodnahrung haben? Es könnte blos aus dem Kochsalze der Speisen kommen; aber da alle unsere Bodenauszüge Kochsalz enthalten, so glaube ich, dass Kochsalz bei der Einäscherung verflüchtigt wird. Ich finde fast nie Chlor und Schwefelsäure in den Aschen, letztere nur bei Leguminosenfrüchten in bedeutender Menge, im Roggen gar nicht. Bemerken muss ich noch, dass unser Boden durch Verwitterung von Porphyren entstanden ist, in denen allerdings nur Kalifeldspath vorkommt, der jedoch, wie behauptet wird, immer etwas Natron enthalten soll."

Digitized by Google

stets dieselbe sei, — hat vielfach Widerspruch gefunden, und in

---

4. *Roggen (Secale cereale).*

a. Roggenkörner.

I. Fresenius und Will, Giessen (Kohle und Sand = 2,66); II. Bichon, Cleve (Ueberschuss = 2,85); III. Geradewohl, Leipzig (Kohle und Verlust = 0,43).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.	III.	Sauerst.
Kali	32,69	5,55	11,11	1,89	30,49	5,18
Natron	4,45	1,15	18,36	4,74	„	„
Kalk	2,91	0,83	6,86	1,96	3,07	0,88
Talkerde	10,16	3,96	10,27	3,98	11,38	4,41
Eisenoxyd	0,82	„	1,87	„	3,07	„
Thonerde	„	„	„	„	2,09	„
Phosphorsäure	47,35	26,30	50,35	27,97	45,60	25,32
Chlornatrium	Spur	„	„	„	„	„
Schwefelsäure	1,45	0,87	0,50	0,30	„	„
Kieselerde	0,17	„	0,68	„	4,30	„
	100,00		100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		11,22		12,47		10,47
Aschenprocente		—		2,425		3,168.

Der Boden, auf welchem der von Bichon untersuchte Roggen gewachsen war, war zuvor mit Weizen bestellt gewesen und sodann mit Kuh- und Pferdemist gedüngt worden.

b. Roggenstroh.

Fresenius und Will, Giessen (Kohle und Sand = 0,94).

	Sauerst.
Kali	17,19 — 2,92
Kalk	9,06 — 2,59
Talkerde	2,41 — 0,93
Eisenoxyd	1,36 — „
Phosphorsäure	3,82 — 2,12
Schwefelsäure	0,83 — 0,50
Chlornatrium	0,57 — „
Chlorkalium	0,26 — „
Kieselerde	64,50 — „
	100,00
Sauerstoffgeh. d. Basen	6,28.

5. *Mais (Zea Mays).*

a. Maiskörner.

Letellier, Elsass. — Der Alkaligehalt wurde aus dem Verluste bestimmt; der Sauerstoff der Alkalien nach der Annahme berechnet, dass Natron und Kali in gleichen Mengen vorhanden gewesen sind.

	Sauerst.
Kali } Natron }	30,8 — 6,60
Kalk	1,3 — 0,37
Talkerde	17,0 — 6,59
Phosphorsäure	50,1 — 27,83
Kieselerde	0,8 — „
	100,0
Sauerstoffgeh. d. Basen	12,96.

Digitized by Google

der That bieten sowohl die älteren Analysen von Saussure und

b. Maisstroh.

Hruschauer; I. Vom Schollerboden der Quarzgeschiebe bei Grätz (Kohlensäure = 8,41; Kohle und Sand = 11,27); II. Vom verwitterten Uebergangskalke bei Grätz (Kohlensäure = 3,83; Kohle und Sand = 11,84).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.
Kali	14,46 —	2,44	4,78 —	0,81
Natron	39,92 —	10,12	12,69 —	3,22
Kalk	4,93 —	1,38	11,00 —	3,09
Talkerde . . .	1,84 —	0,70	11,44 —	4,39
Eisenoxyd . .	0,90 —	„	0,73 —	„
Phosphorsäure .	11,76 —	6,53	22,39 —	11,33
Schwefels. Kalk	1,01 —	„	1,37 —	„
Chlornatrium .	6,29 —	„	0,55 —	„
Kieselerde . .	18,89 —	„	35,05 —	„
	100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		14,64		11,51
Aschenprocente		6,50		2,30.

Hruschauer bemerkt bei der Mittheilung dieser Analysen: „Die Asche des Maisstrohs I enthält weit reichlicher alkalische Basen als die Asche des Strohes II, und während das Stroh I, 6 Fuss hoch, von sehr kräftig entwickelten Pflanzen stammte, die eine sehr reichliche Ernte gaben, war das Stroh von II mehr als um den dritten Theil kürzer, dünn und hatte nur wenig und kleine Früchte getragen. Die Untersuchungen des Maiskorns haben in demselben über 30 Proc. alkalische Basen (Kali und Natron) nachgewiesen und diese wurden im vorliegenden Falle noch im Strohe jener Maispflanze in reichlicher Menge gefunden, die eine vollkommen entsprechende Ernte geliefert. Der Aschengehalt des Maisstrohs I beträgt über 4 Proc. mehr als jener des Strohes II und steht mit der Entwickelung der Pflanze in unverkennbarem Verhältnisse; denn reducirt man die in II gefundenen Procente mit Rücksicht auf die beinahe dreimal geringere Aschenmenge als in I auf die absoluten Quantitäten, so ergiebt sich, dass auf 12,28 Gewichtstheile Kieselerde im Maisstroh I (einer im Schollerboden, wo es an Kieselerde nicht fehlte, vollkommen entwickelten Pflanze aus der Familie der Gramineen) nur 8,06 Gewichtstheile Kieselerde des Maisstrohes II (vom Kalkboden) kommen. Natron, Phosphorsäure, Chlor, zum Theil auch Kali rühren in den analysirten Pflanzenaschen offenbar aus dem reichlichen vegetabilisch-animalischen Dünger her, womit hier zu Land sowohl Felder als auch Weingärten gedüngt werden. Alle übrigen unorganischen Bestandtheile konnten aus der Verwitterung der Felsarten, die den Boden bilden, in die Pflanzen gelangen."

6. *Reis (Oryza sativa).*

Scharling, Analyse der Asche der Reisschalen. 100 Theile Schalen lieferten 15,62 Proc. Asche und in 100 Theilen Asche waren enthalten:

Kieselerde	93,46
Eisen }	1,70
Mangan }	
Phosphorsaure Kalkerde	2,11
In Wasser lösliche Salze	1,97
	99,24.

7. *Hirse (Milium sativum).*

Poleck, Giessen, Analyse der Körnerasche (Kohle und Sand = 22,57).

Digitized by Google

Berthier, wie die neueren Untersuchungen so viele und grosse Verschiedenheiten dar, dass man nur wenige derselben zur Bestä-

		Sauerst.
Kali	9,60 —	1,63
Natron	1,31 —	0,34
Kalk	0,61 —	0,18
Talkerde	7,68 —	2,98
Eisenoxyd	0,63 —	„
Phosphorsäure	18,18 —	10,10
Schwefels. Kalk	0,60 —	„
Chlornatrium	1,44 —	„
Kieselerde	59,85 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		5,13.

8. *Zuckerrohr (Saccharum officinarum).*

Stenhouse, I bis IV von Trinidad; VIII von Demarara; IX von der Insel Granada; X Jamaica *(Trelawney)*; XI Jamaica (St. James); XII Jamaica (St. James, junge Pflanze).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.	III.	Sauerst.
Kali	27,32 —	4,64	11,99 —	2,04	15,00 —	2,56
Natron	1,03 —	0,27	2,26 —	0,58	4,79 —	1,24
Kalk	9,13 —	2,61	13,17 —	3,76	8,73 —	2,49
Talkerde	3,65 —	1,41	9,86 —	3,82	4,41 —	1,71
Phosphorsäure	3,75 —	2,08	7,97 —	4,43	8,16 —	4,53
Schwefelsäure	6,64 —	3,99	10,92 —	6,55	4,54 —	2,73
Chlor	2,70 —	„	1,02 —	„	8,85 —	„
Kieselerde	45,78 —	„	42,81 —	„	45,50 —	„
	100,00		100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		6,99		7,79		5,20

	IV.	Sauerst.	V.	Sauerst.	VI.	Sauerst.
Kali	21,39 —	3,63	11,87 —	2,02	13,62 —	2,31
Natron	1,16 —	0,30	2,62 —	0,68	3,37 —	0,87
Kalk	8,96 —	2,56	5,75 —	1,64	5,07 —	1,45
Talkerde	6,84 —	2,66	15,53 —	6,02	12,94 —	5,01
Phosphorsäure	4,53 —	2,52	8,12 —	4,51	6,53 —	3,63
Schwefelsäure	10,80 —	6,48	7,48 —	4,49	6,37 —	3,82
Chlor	5,47 —	„	2,39 —	„	2,36 —	„
Kieselerde	40,85 —	„	46,24 —	„	49,74 —	„
	100,00		100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		5,76		8,32		7,84

	VII.	Sauerst.	VIII.	Sauerst.	IX.	Sauerst.
Kali	16,81 —	2,86	39,57 —	6,72	37,40 —	6,35
Natron	5,43 —	1,40	8,24 —	2,13	4,02 —	1,04
Kalk	4,45 —	1,27	2,26 —	0,65	5,74 —	1,64
Talkerde	11,78 —	4,56	3,80 —	1,47	5,36 —	2,08
Phosphorsäure	4,84 —	2,68	7,12 —	3,95	6,06 —	3,37
Schwefelsäure	7,67 —	4,60	7,70 —	4,62	5,94 —	3,57
Chlor	4,34 —	„	14,33 —	„	9,70 —	„
Kieselerde	44,34 —	„	17,04 —	„	25,78 —	„
	100,00		100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		8,56		9,43		9,92

Digitized by Google

tigung jenes Gesetzes anführen kann. Mulder namentlich ist der

	X.	Sauerst.	XI.	Sauerst.	XII.	Sauerst.
Kali	10,04	— 1,71	17,29	— 2,94	11,59	— 1,97
Natron	2,85	— 0,74	1,16	— 0,30	2,08	— 0,54
Kalk	10,59	— 3,03	11,40	— 3,26	14,27	— 4,08
Talkerde	5,61	— 2,17	5,51	— 2,14	5,27	— 2,04
Phosphorsäure . . .	13,28	— 7,38	2,85	— 1,58	7,96	— 4,42
Schwefelsäure . . .	3,30	— 1,98	5,25	— 3,15	1,91	— 1,14
Chlor	2,40	— „	8,75	— „	2,70	— „
Kieselerde	51,93	— „	47,79	— „	54,22	— „
	100,00		100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		6,45		5,62		7,64.

Planzen von niederer Organisation.

Equisetaceen.

G. A. Struve fand, dass nach wiederholter Behandlung des an der Luft verbrannten *Equisetum hiemale, Eq. limosum* u. *Eq. arvense* (auch *Calamus Rotang* u. *Spongia lacustris*) mit Salzsäure, immer ein Skelett zurückblieb, das noch die Form der Pflanze bewahrt hatte und in seiner ursprünglichen Beschaffenheit durch die Säure nicht verändert worden war, wie man mit Hülfe eines Mikroskops bemerken konnte, und in allen untersuchten Pflanzen zwischen 95 und 99 Proc. Kieselerde enthielt, so dass von allen übrigen Bestandtheilen angenommen werden kann, dass sie nicht chemisch mit der Kieselerde verbunden waren, oder überhaupt dem Pflanzenskelett nicht eigenthümlich sind. Es scheint daher, nach Struve, ausgemacht, dass nur die reine Kieselerde das Pflanzenskelett bildet.

Algen.

Der von Gödechens in einigen Fucusarten aufgefundene Jodgehalt wurde theils als Jodpalladium ausgemittelt, theils aus der Differenz des Gewichtes des Chlor- und Jodsilbers, vor und nach der Behandlung mit Chlorgas, berechnet. Die Aschen von *Fucus digitatus* und *F. nodosus* enthielten auch nachweisbare Mengen von Brom, in den beiden übrigen, von Gödechens untersuchten Fucusarten konnte dieses Element nicht aufgefunden werden. James war nicht im Stande, in der Asche des *Fucus vesiculosus* Jod- und Bromverbindungen nachzuweisen. — Nach einer Bemerkung von H. Will schmelzen die Aschen der Meerespflanzen fast durchgängig sehr leicht, wodurch das völlige Verbrennen der Kohle sehr erschwert wird; ihr Reichthum an schwefelsauren Salzen veranlasst dabei die Bildung von Schwefelmetallen, die sich, so lange noch Kohle vorhanden ist, durch blosses Glühen nicht in schwefelsaure Salze verwandeln lassen, und die Anwendung von Salpetersäure zur völligen Oxydation kann hier, der kohlensauren Verbindungen wegen, nicht stattfinden. Mischt man dagegen die kohle- und schwefelmetallhaltige Asche mit Quecksilberoxyd und glüht, so erhält man leicht eine weisse Asche, die allen Schwefel als schwefelsaures Salz enthält. Forchhammer macht ebenfalls auf diese verschiedenen Ursachen von kleinen Fehlern aufmerksam; er glaubt jedoch, dass sie auf das allgemeine Resultat der Analyse keinen Einfluss haben.

Fucaceen.

1. *Fucus vesiculosus.*

I. Gödechens, an der Westküste Schottlands, am Ausfluss des Clyde gesammelt (Kohlensäure = 1,20; Kohle = 13,89); II. James,

Digitized by Google

Ansicht, dass das Vorhandensein der unorganischen Basen und

Westküste Englands, aus der Nähe von Liverpool (Kohlensäure = 0,23; Kohle = 6,47); III. Forchhammer, an der dänischen Küste, bei Taarbeck, am Sunde gesammelt; IV. Derselbe, Grönland (Kohle, Kohlensäure und Verlust = 5,67).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.
Kali	15,23	2,59	„	„
Natron	11,16	2,88	15,10	3,90
Kalk	9,78	2,80	16,77	4,79
Talkerde	7,16	2,77	15,19	5,89
Eisenoxyd	0,33	„	4,42	„
Phosphorsäure	1,36	0,75	„	„
Schwefelsäure	28,16	16,89	30,94	18,57
Chlornatrium	25,10	„	9,89	„
Jodnatrium	0,37	„	„	„
Kieselerde	1,35	„	7,69	„
	100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		10,74		14,58
Aschenprocente		16,39		13,22

	III.	Sauerst.	IV.	Sauerst.
Kali	8,98	1,53	17,25	2,93
Natron	9,63	2,49	34,12	8,81
Kalk	21,54	6,15	3,20	0,88
Talkerde	10,91	4,23	7,19	2,78
Phosphors. Kalk	9,62	„	9,75	„
Schwefelsäure	26,22	15,73	13,46	8,07
Chlor	2,10	„	15,03	„
Kieselerde	11,00	„	„	„
	100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		13,93		7,33
Aschenprocente		—		16,22.

Der Sauerstoffgehalt der Basen ist hier, wie bei den folgenden Analysen, nach Abzug des der Phosphorsäure entsprechenden Kalkes (als zweibasisches Salz), sowie des zum Chlor gehörigen Natriums, berechnet worden.

2. *Fucus digitatus.* 3. *F. nodosus.* 4. *F. serratus.*

Analysen von Gödechens; die Pflanzen waren an der Westküste Schottlands gesammelt: I. (Kohlensäure = 8,18; Kohle = 0,53); II. (Kohlensäure = 3,74; Kohle = 6,65); III. (Kohlensäure = 7,97; Kohle = 3,15).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.	III.	Sauerst.
Kali	22,40	3,80	10,07	1,67	4,51	0,77
Natron	8,29	2,14	15,80	3,99	21,15	5,46
Kalk	11,86	3,39	12,80	3,66	16,36	4,67
Talkerde	7,44	2,88	10,93	4,14	11,66	4,30
Eisenoxyd	0,62	„	0,29	„	0,34	„
Phosphorsäure	2,56	1,42	1,52	0,85	4,40	2,45
Schwefelsäure	13,26	7,95	26,69	16,02	21,06	12,63
Chlornatrium	28,39	„	20,16	„	18,76	„
Jodnatrium	3,64	„	0,54	„	1,33	„
Kieselerde	1,56	„	1,20	„	0,43	„
	100,00		100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		11,65		13,12		14,22
Aschenprocente		20,40		16,19		15,63.

Digitized by Google

deren Menge in Beziehung stehe zu den Pflanzenproteïnverbin-

---

5. *Durvillaea utilis.* 6. *Sargassum vulgare.* 7. *Sargassum cacciferum.*

Analysen von Forchhammer; I. Von Chile; II. Campechebay (Ueberschuss = 9,12 Proc.); III. Atlantischer Ocean.

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.	III.	Sauerst.
Kali	12,57 —	2,14	20,40 —	3,46	0,78 —	0,13
Natron	28,73 —	7,42	23,72 —	6,13	6,96 —	1,72
Kalk	12,84 —	3,67	16,45 —	4,70	45,44 —	12,98
Talkerde	0,87 —	0,34	4,02 —	1,56	5,85 —	2,27
Phosphors. Kalk	4,66 —	„	3,29 —	„	5,94 —	„
Schwefelsäure	20,65 —	12,39	14,65 —	8,79	19,10 —	11,46
Chlor	19,68 —	„	17,47 —	„	nicht best.	„
Kieselerde	„ —	„	„ —	„	1,63 —	„
	100,00		100,00		85,70	
Sauerstoffgehalt der Basen		9,13		11,91		14,07
Aschenprocente		19,56		22,58		11,62.

Der Aschengehalt der getrockneten Pflanze in Nr. I wurde durch Addition der einzelnen in der Analyse gefundenen Zahlen berechnet, und der Sauerstoffgehalt der Basen in Nr. III unter der Voraussetzung bestimmt, dass die fehlenden 14,30 Proc. dem in der Analyse nicht bestimmten Chlorgehalt der Asche entsprechen.

In der *Halidrys siliquosa* von Hoffmannsgave in Dänemark fand Forchhammer 15,65 Proc. Asche und diese enthielt wieder 21,98 Proc. Schwefelsäure und 18,21 Proc. Chlor; die übrigen Bestandtheile wurden nicht näher bestimmt.

Confervaceen.

Die *Conferva fracta marina* von Hoffmannsgave in Dänemark enthält, nach Forchhammer's Untersuchung, in 100 Th. der getrockneten Pflanze die sehr bedeutende Quantität von 5,51 Schwefelsäure; eine *Ulva* von Havanna 3,87 und eine *Caulerpa* von Vera-Cruz 5,06 Proc. derselben Säure.

Phyceen.

1. *Laminaria latifolia.* 2. *Laminaria digitata.* 3. *Eklonia buccinalis.*

Analysen von Forchhammer; I. Hoffmannsgave (Kohle und Verlust = 16,59 Proc.); II. Helgoland; III. Cap der guten Hoffnung (Kohle und Verlust = 17,09).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.	III.	Sauerst.
Kali	23,35 —	3,97	18,48 —	3,14	22,66 —	3,85
Natron	14,46 —	3,73	23,89 —	6,17	20,20 —	5,22
Kalk	8,27 —	2,36	8,15 —	2,33	23,26 —	6,65
Talkerde	6,80 —	2,64	nicht best.	„	6,17 —	2,39
Phosphors. Kalk	12,81 —	„	6,19 —	„	6,59 —	„
Schwefelsäure	12,63 —	7,58	22,01 —	13,20	15,98 —	9,59
Chlor	20,99 —	„	20,80 —	„	1,09 —	„
Kieselerde	0,69 —	„	0,48 —	„	4,05 —	„
	100,00		100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		7,96		6,95		15,86
Aschenprocente		13,62		—		14,27.

Der in Nr. II aus den bei der Analyse gefundenen Mengen der einzelnen Bestandtheile berechnete Aschengehalt der getrockneten

Digitized by Google

dungen, welche, indem sie sich den Schwefel und Phosphor aus

Pflanze beträgt 22,94, wobei jedoch die Talkerde nicht quantitativ bestimmt worden ist.

Forchhammer unterwarf ferner die Asche der *Padina pavonia*, aus Westindien, einer theilweisen Analyse und fand in derselben 34,75 Aschenprocente, welche ausser andern Bestandtheilen 12,83 Proc. Schwefelsäure, 11,31 Proc. phosphorsauren Kalk, 67,74 Proc. Kalk enthielten.

Floridеen.

1. *Furcellaria fastigiata.* 2. *Chondrus crispus.* 3. *Chondrus plicatus.*

Analysen von Forchhammer; I. Kattegat; II. Kattegat; III. Hoffmannsgave (Kohle und Verlust = 0,80; Sand = 24,66).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.	III.	Sauerst.
Kali	20,24 —	3,43	17,32 —	2,94	9,08 —	1,54
Natron	23,47 —	6,06	18,73 —	4,84	26,93 —	6,96
Kalk	5,71 —	1,63	6,84 —	1,95	12,29 —	3,51
Talkerde	10,46 —	4,05	11,35 —	4,40	8,12 —	3,15
Phosphors. Kalk	3,75 —	„	0,73 —	„	9,56 —	„
Schwefelsäure	30,92 —	18,75	41,24 —	24,75	19,69 —	11,22
Chlor	nicht best.	„	nicht best.	„	14,33 —	„
Kieselerde	0,21 —	„	„	„	„ —	„
	94,76		96,21		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		13,96		12,87		11,93
Aschenprocente		18,92		20,61		11,23.

In I und II ist der Gehalt an Chlor nicht direct bestimmt, sondern aus dem Verluste berechnet und eine diesem Chlor entsprechende Natronmenge von den Basen in Abzug gebracht worden.

4. *Iridaea edulis.* 5. *Polysiphonia elongata.* 6. *Deles seria sanguinea.*

Analysen von Forchhammer; I. Hesselöe, Kattegat (Talkerde, Kohle, Kohlensäure und Verlust = 48,48). II. Hoffmannsgave (Kohle, Kohlensäure und Verlust = 11,28). III. Kattegat (Sand und Kieselerde = 11,84).

	I.	Sauerst.	II.	Sauerst.	III.	Sauerst.
Kali	23,42 —	3,98	22,61 —	3,84	14,90 —	2,53
Natron	16,93 —	4,37	13,33 —	3,44	23,17 —	5,98
Kalk	10,23 —	2,92	3,08 —	0,88	2,49 —	0,71
Talkerde	nicht best.	„	15,30 —	5,93	6,46 —	2,50
Phosphors. Kalk	23,24 —	„	3,15 —	„	4,22 —	„
Schwefelsäure	25,20 —	15,12	30,54 —	18,33	44,18 —	26,51
Chlor	0,98 —	„	8,84 —	„	4,58 —	„
Kieselerde	„ —	„	3,15 —	„	„ —	„
	100,00		100,00		100,00	
Sauerstoffgehalt der Basen		11,05		12,10		10,69
Aschengehalt		9,86		17,10		13,17.

In der Analyse I wurde die Talkerde nicht bestimmt, die übrigen Bestandtheile aber auf 100 Theile berechnet, und in III der Chlorgehalt aus dem Verluste bei der Analyse gefunden.

Forchhammer bemerkt zu den von ihm ausgeführten Analysen: „Es geht aus diesen Analysen hervor, dass die Fucus-artigen Pflanzen hauptsächlich Schwefelsäure dem Seewasser entziehen; die Menge derselben ist immer sehr beträchtlich und niemals geringer als 1,28 Proc.

Digitized by Google

den Salzen des Bodens aneignen, zur Abscheidung der Basen

---

vom Gewichte der ganzen getrockneten Pflanze. In einer Pflanze steigt dieselbe bis auf 8,50 Proc., eine Quantität, welche ausserordentlich gross ist, wenn man die ungeheuren Massen von Fucus-Pflanzen bedenkt, welche im Meere wachsen und in denen man, wie ich glaube, im Durchschnitt 4 Proc. Schwefelsäure annehmen kann; das Mittel aus 19 Analysen giebt 3,82 Proc. — Nächst der Schwefelsäure ist das Kali der wichtigste Bestandtheil der Asche der Fucus-Arten. Es wird nur in sehr geringer Menge im Meerwasser gefunden, aber es bildet einen wichtigen Bestandtheil in der Zusammensetzung der Fucus-Pflanzen, welche im Durchschnitt $2\frac{1}{2}$ Proc. der getrockneten Pflanze von dieser Substanz enthalten; die mittlere Quantität, wie sie in 14 Analysen gefunden wurde, beträgt nämlich 2,52 Proc. — Zunächst dem Kali verdient die Talkerde unsere Aufmerksamkeit. Im Durchschnitt ist über 1 Proc. vom Gewichte der getrockneten Pflanze in der Asche enthalten, eine Quantität, welche die des Kalks übertrifft und wohl noch mehr übertreffen mag, als aus den Analysen hervorgeht, weil eine nicht unbeträchtliche Menge Kalk von den zahlreichen kleinen Schalthieren und Corallen herrührt, die dem Seegrase anhängen. Es ist noch unentschieden, ob aller Kalk in der Form von kohlensaurem Kalk oder ob solche Kalksalze in den Fucus-Pflanzen existiren, deren Säure bei der Verbrennung Carbonate bildet, oder ob aller zur Constitution dieser Pflanzen gehöriger Kalk mit Schwefel- und Phosphorsäure verbunden sei. Talkerde trifft man im Meerwasser in grosser Menge an, die Schalthiere und Corallen scheinen keine besondere Anziehung für diese Substanz zu haben, und da die Ursachen, welche dieselbe in den Ocean bringen, beständig thätig sind, so möchte die Menge derselben im Zunehmen begriffen sein. Die Fucus-artigen Pflanzen jedoch absorbiren einen Theil dieser ausserordentlich grossen Menge von Talkerde und setzen ihn in den Schichten ab, welche die festen Substanzen des Seegrases enthalten, insoweit sie in Wasser unlöslich sind. — Phosphorsäure ist immer in der Asche der Seegräser vorhanden und wahrscheinlich immer verbunden mit Kalk. Die Menge des Chlors ist sehr verschieden und man kann nicht daran zweifeln, dass einige von diesen Pflanzen (wenigstens zu gewissen Jahreszeiten) kein Chlor enthalten; und wo nur geringe Spuren dieser Substanz gefunden sind, wie in der *Eklonia buccinalis*, *Iridaea edulis* und *Delesseria sanguinea*, da rühren dieselben von den Salzen des Meerwassers her, welche den getrockneten Pflanzen noch anhängen. Auf der andern Seite ist es höchst wahrscheinlich, dass das Chlor oftmals, wo es gefunden wurde, nicht zufällig gegenwärtig ist und dass das wahrscheinlich mit Natrium verbundene Chlor (zu gewissen Zeiten) eine bedeutende Rolle spielt in dem Leben der Fucus-Pflanzen, während es zuweilen ganz verschwinden mag; denn es findet sich z. B. eine bedeutende Menge Kali in der Kartoffelpflanze, während dieselbe blüht, aber nachher nimmt die Menge desselben bedeutend ab. — Diese chemische Constitution der Asche der Fucus-Arten erklärt uns verschiedene wichtige Phänomene in dem organischen Leben überhaupt. Es ist jetzt nicht mehr zweifelhaft, dass die ursprüngliche Fruchtbarkeit des Bodens und auch zum Theil die durch Dünger hervorgebrachte von den Mineralsubstanzen abhängig ist, welche entweder eine bleibende oder vorübergehende Rolle in dem Leben der Pflanzen spielen und unter denen die Schwefelsäure, Phosphorsäure und das Kali, wenn sie auch in der geringsten Menge in dem Boden vorkommen, zum Wachsthum der meisten unserer cultivirten Pflanzen absolut unentbehrlich sind. Alle diese Substanzen werden unaufhörlich aus dem Boden ausgewaschen und zuletzt dem Oceane zugeführt, dessen Pflanzen wiederum sie in sich aufnehmen; und wenn der in der Nähe der Meeresküste lebende Landmann die Seegräser als Dünger auf seine

Digitized by Google

Veranlassung geben; dasselbe ist der Fall bei der Zersetzung von

---

Felder bringt, so giebt er auf diese Weise dem Lande die Substanzen zurück, welche der Regen aus demselben ausgewaschen hat."

Flechten.

I. *Parmelia parietina.*

Analyse von Thomson; die Pflanze wurde gesammelt auf den Glimmerschieferfelsen von Dunson an der Westküste von Schottland; sie gab nach dem Trocknen in 3 Versuchen 6,8; 6,75 und 6,71 Proc. Asche. In allen diesen Versuchen behielt die Asche die Gestalt der Flechten, als ob die anorganischen Stoffe das Skelett bildeten, auf welchem die organische Materie befestigt ist. Die quantitativen Resultate, erhalten bei der Analyse zweier Sorten, waren folgende:

	I.	II.
Kieselerde	68,46 —	64,62
Lösliche Salze, bestehend aus schwefelsaurem und phosphorsaurem Natron und Chlornatrium	0,75 —	„
Thonerde und phosphorsaure Thonerde	„ —	0,83
Eisenoxyd, phosphorsaures Eisenoxyd und phosphorsaurer Kalk	22,04 —	34,55
Kohlensaurer Kalk	8,75 —	„
	100,00	100,00.

Will und Fresenius analysirten die Asche einiger auf dem Aepfelbaume gewachsenen Flechten *(Parmelia prunastri, P. fraxinea, P. parietina, P. furfuracea).*

Kali } Natron }	10,07
Kalk	10,33
Talkerde	5,33
Phosphorsaures Eisenoxyd	14,56
Kohlensäure	4,62
Kohle und Sand	49,73
	94,64.

Die fehlenden Substanzen konnten wegen der geringen Menge der zu Gebote stehenden Asche nicht bestimmt werden.

Knop bemerkt zu diesen Analysen: „Ich werde in der Folge im Zusammenhange unserer Arbeit über die Flechten gemeinschaftlich mit Schnedermann weitere und wiederholte Analysen über Flechten mittheilen. An diesem Orte füge ich nur die Bemerkung zu dem Wenigen und Unvollständigen, was in diesem Gebiete geschehen ist, hinzu, dass die Bestimmung der Phosphorsäure in den Flechten besondere Vorsicht erfordert. Eine Asche von *Cetraria islandica* wurde, nachdem die Kieselsäure abgeschieden war, mit Ammoniak versetzt, bis ein Niederschlag entstand; dieser löste sich in Essigsäure bei mässigem Zusatze vollkommen. Bei einer zweiten Behandlung der Aschen mit Salpetersäure, im Uebrigen derselben als vorhin, wurde durch essigsaures Bleioxyd keine Fällung in der essigsauren Flüssigkeit erhalten. Dennoch enthielt der Niederschlag, welchen Ammoniak in einer salzsauren Lösung der Asche nach Abscheidung der Kieselsäure gab, Phosphorsäure, welche durch Schmelzen des Niederschlags mit Natron und Kieselsäure daraus gewonnen wurde. Die Bestandtheile der Flechten sind indessen sehr nach dem Standorte verschieden, denn bei zwei Analysen von Flechten von verschiedenem Standorte, bei welchen einige der Bestandtheile in Folge der versuchten Methoden fehlerhaft ausfielen, so dass sie noch nicht mitgetheilt werden können, fanden sich folgende Bestandtheile in nachstehenden Verhältnissen:

Digitized by Google

humussauren, wie auch von kieselsauren Salzen in den Pflanzen [153]).

	I. Flechte, aus dem Handel bezogen.	II. Flechte vom Brocken.
Kieselerde . . .	40,4	43,16
Kohlensaurer Kalk	7,5	36,06
Kali	5,0	0,70.

Der Umstand, dass die Phosphorsäure als phosphorsaures Bleioxyd oder Eisenoxyd nicht ausgefällt werden konnte, liegt vielleicht darin, dass sie an Thonerde gebunden ist; die Asche enthält eine wesentliche Menge derselben."

Moose.

1. *Sphagnum palustre.*

Wiegmann, Analyse der ganzen Pflanzen.

		Sauerst.
Kali	3,78 —	0,64
Natron . . .	4,81 —	1,24
Kalk	9,77 —	2,79
Talkerde . .	Spur —	„
Thonerde . .	0,21 —	„
Eisenoxyd . .	13,60 —	„
Manganoxyd .	3,24 —	„
Schwefelsäure	2,83 —	1,70
Phosphorsäure	Spur —	„
Chlor . . .	Spur —	„
Kieselerde .	61,76 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen	4,11	
Aschenprocente . . .	3,706.	

Pilze.

1. *Die Hefe.*

Analysen von Mitscherlich. Frische *Oberhefe* von der Presshefebereitung hinterliess beim Verbrennen 7,65 Proc. Rückstand; in 100 Theilen wurden gefunden:

41,8 Phosphorsäure,
39,5 Kali,
16,8 phosphorsaure Talkerde, $\dot{M}g^2\,\ddot{\dot{P}}$,
2,3 phosphorsaure Kalkerde, $\dot{C}a^2\,\ddot{\dot{P}}$.

Ist die Phosphorsäure darin zu einem neutralen und einem sauren Salze verbunden, so enthält die Asche 40,3 saures phosphorsaures Kali $\dot{K}\,\ddot{\dot{P}}$ und 41,0 neutrales phosphorsaures Kali.

Frische *Unterhefe* hinterliess beim Verbrennen in einem Versuch 7,51, in einem andern 7,66 Proc. Rückstand; in 100 Theilen wurden gefunden:

39,5 Phosphorsäure,
28,3 Kali,
22,6 phosphorsaure Talkerde,
9,7 phosphorsaure Kalkerde.

Er enthält, wenn die Phosphorsäure mit Kali zu einem neutralen und sauren Salze verbunden ist, 60,0 saures phosphorsaures Kali $\dot{K}\,\ddot{\dot{P}}$ und 7,8 neutrales $K^2\,\ddot{\dot{P}}$.

„*Bier*, wovon diese Hefe gewonnen war, gab nach dem Eindampfen und Verbrennen des Rückstandes 0,307 Proc. Asche; in 100 Theilen derselben waren enthalten:

Digitized by Google

Mulder giebt ferner zu, „dass unter jenen unorganischen Basen, welche mit Säuren verbunden in den Pflanzen vorkommen, einige ihrer chemischen Natur nach so nahe verwandt sind, dass sie sich bisweilen ganz oder zum Theile vertreten. Dies gilt namentlich vom Kali, Natron und Ammoniak; ferner vom Kalke und der Magnesia; es ist Thatsache, dass manche Pflanzen — jedoch bei weitem

---

20,0 Phosphorsäure,
40,8 Kali,
0,5 Natron,
20,0 phosphorsaure Magnesia,
2,6 phosphorsaure Kalkerde,
16,6 Kieselsäure.

Nicht ohne Interesse ist es, dass durch Wasser aus der Gerste Kieselsäure sich ausziehen lässt.

Die Zusammensetzung der Asche der Hefe ist für die Bestimmung der für die Entwickelung einer Pflanze wesentlichen unorganischen Bestandtheile von besonderer Wichtigkeit, weil die Hefe sich mitten in der Flüssigkeit entwickelt, aus welcher sie nur diejenigen Substanzen aufnimmt, welche ihr nothwendig sind; von ihr fremden Substanzen, welche in der Flüssigkeit gelöst sind, kann sie nur so viel aufnehmen, als in dem Theil der Flüssigkeit, womit sie getränkt ist, enthalten sind, welches in diesem Falle höchst unbedeutend ist. Die Hefe verhält sich also wie jene unter der Oberfläche des Wassers wachsenden Pflanzen, deren Asche Herr Nordmann untersucht hat (Ber. d. Acad. v. Januar 1843). Die Asche von Pflanzen, welche in einem feuchten Boden oder im Wasser wachsen und aus demselben hervorragen, nehmen, indem sie grosse Massen von Wasser verdunsten, mit dem Wasser verschiedene Salze auf, die, wie aus Saussure's Versuchen folgt, von sehr verschiedener Natur sein können, für die Pflanze nicht wesentlich sind, und die nicht aus ihr wieder ausgeschieden werden, wie wir dies auch aus Untersuchungen von Pflanzen wissen, die auf frischgedüngtem Boden und die auf einem Boden, der nach der Düngung schon mehrere Früchte getragen hat, wachsen. Pflanzen dieser Art, selbst wenn sie auf einem Boden wachsen, der seit langer Zeit nicht gedüngt ist, können nichts entscheiden, da das Wasser, welches ihre Wurzeln aufnehmen, dem Quell- und Brunnenwasser ähnlich zusammengesetzt ist, das auf nicht berechenbare Zeiten gewisse Salze in einem constanten Verhältnisse gelöst enthält. So können Kochsalz und andre Natriumverbindungen besonders sich in Pflanzen vorfinden, die in den Gegenden von Mexiko oder Ungarn wachsen, in welchen aus dem Boden Kochsalz oder Soda auswittert.

Eine andre wichtige Frage ist, in welchem Verhältniss die phosphorsauren Salze zu den stickstoffhaltigen Bestandtheilen derselben, welche zur Gruppe des Eiweisses gehören, stehen. Aus der Untersuchung der Asche vom Samen der Gerste und des Weizens scheint zu folgen, dass die stickstoffhaltigen Verbindungen derselben in die Hefe übergehen, und dass diese als wesentlichen Bestandtheil nicht Phosphor, wie dies für alle ähnlichen Verbindungen in hohem Grade unwahrscheinlich ist, sondern phosphorsaure Salze enthalten, also analog jenen Verbindungen des Eiweisses zusammengesetzt sind, welche vor längerer Zeit von des Verfassers Bruder untersucht worden sind, oder der Verbindung der leimgebenden Substanz mit phosphorsaurer Kalkerde, woraus wahrscheinlich die Knochen bestehen."

Digitized by Google

nicht alle — in verschiedenen Bodenarten die eine der Basen anstatt der andern aufnehmen. Diese Vertretung der Basen hat übrigens, wie bekannt ist, ihre Gränzen. Die Küstenpflanzen, welche des Natrons bedürfen, gedeihen nicht in kalireicher, natronfreier Erde; und vermag man immerhin eine Pflanze durch die Cultur dahin zu bringen, dass sie andere Basen assimilirt, als ihr eigenthümlich sind, so behält sie ihren ursprünglichen chemischen Charakter niemals unverändert bei. Der Samen von Havannahtabak, in Java gesäet, giebt das erste Mal einen Tabak, welcher dem von Havannah nahe kommt; aber schon der erste in Java geerntete Samen liefert ein von dem ursprünglichen sehr verschiedenes Product, und nach mehreren Ernten ist der Havannahtabak ganz in Javatabak ausgeartet. Die Basen des Bodens zu Havannah und Java können hiervon allein die Ursache sein. — Es würde ein zufälliges Zusammentreffen von hundert verschiedenen Umständen sein, wenn ein solches Verhältniss unter den Basen bestände, dass die Sauerstoffmengen derselben für jede Pflanzengattung, gleichviel, auf welchem Boden sie wüchse, stets dieselben wären. Dass die Sauerstoffmengen bei gleichen Pflanzen

---

2. *Mutterkorn (Secale cornutum).*

Engelmann (Kohle = 12,66).

Kali	45,38 —	7,71
Natron . . .	16,79 —	4,34
Kalk	1,68 —	0,48
Talkerde . .	5,34 —	2,07
Eisenoxyd . .	2,34 —	„
Phosphorsäure	15,44 —	8,58
Schwefelsäure	0,02 —	„
Chlor . . .	2,36 —	„
Kieselerde . .	10,65 —	„
	100,00	
Sauerstoffgehalt d. Basen		14,07
Aschenprocente . . .		0,36.

Am Schluss dieser Zusammenstellung wollen wir nochmals die Resultate der hier aufgeführten Analysen, insofern sie das von Liebig aufgestellte Gesetz der gegenseitigen Vertretung der Basen betreffen, in's Auge fassen und zu diesem Behufe in den folgenden Tabellen eine Uebersicht liefern über das Verhältniss des Sauerstoffes der Phosphorsäure und des Sauerstoffes der Basen in den Samen, nachdem vorher die der aufgefundenen Schwefelsäure und dem Chlor entsprechende Basenmenge in Abzug gebracht worden ist; und ferner wollen wir hier den Sauerstoff *der* Basen uns wiederum vergegenwärtigen, welche in den Kräutern, Hölzern, Stroharten u. s. w. an Pflanzensäuren gebunden vorkommen und also nach dem Einäschern der Pflanzen oder deren Theile im kohlensauren Zustande sich vorfinden, wobei ebenfalls zu bemerken ist, dass die Quantität der Basen, welche mit der durch die Analyse aufgefundenen Phosphorsäure, sowie mit dem in der Asche vorhandenen Chlor in Verbindung ist, bei der Berechnung des Sauerstoffgehalts der Basen ausser Acht gelassen ist.

Digitized by Google

ungefähr dieselben sind, lässt sich schon aus allgemeinen Gründen vermuthen; aber mehr als annäherungsweise finden — bekannten Analysen zu Folge — jene Beziehungen nicht Statt." Mulder macht endlich darauf aufmerksam, dass man bei den Analysen der Pflanzenaschen nicht auf das Ammoniak Rücksicht genommen habe, welches als Basis ohne Zweifel Kali und Natron vertritt, dessen Gegenwart also sowohl auf die Menge der in die Pflanze eintretenden festen Basen, als auch auf die in der Pflanze vor sich gehenden Processe den grösstmöglichsten Einfluss ausüben muss. Wenn also der Satz, dass die Sauerstoffmenge, welche die Basen der Pflanzen besitzen, für dieselben Pflanzenspecies eine constante Grösse ist, gleichviel, auf welchem Boden sie wächst, auch richtig wäre, so könnte, nach Mulder, doch durch Verbrennung der vegetabilischen Substanz und die Analyse der zurückbleibenden Asche dieses Gesetz nicht gefunden werden, weil eine der Basen, das Ammoniak, sich beim Glühen verflüchtigt, also nicht in Rechnung zu bringen ist [154]). Auch Boussingault,

---

I. *Samenaschen,*

in denen das Verhältniss zwischen der Phosphorsäure und den Basen sich dem der dreibasisch-phosphorsauren Salze nähert.

Name der Pflanze.	Name des Analytikers.	Sauerstoffgehalt der Basen.	Sauerstoffgehalt der Phosphorsäure.	Verhältniss des Sauerst. d. Basen und der Säure.
1. *Pisum sativum*	Will u. Fresenius	11,03	19,33	3 : 5,25
„ „	Bichon	12,69	19,71	3 : 4,66
„ „	Thon	11,56	19,30	3 : 5,01
„ „	Boussingault	13,72	17,41	3 : 3,81
2. *Vicia Faba*	Bichon	12,66	21,55	3 : 5,10
„ „	Boussingault	12,62	19,08	3 : 4,72
„ „	Büchner	13,08	22,61	3 : 5,18
3. *Phaseolus vulgaris*	Thon	13,56	20,33	3 : 4,50
„ „	Boussingault	15,03	15,77	3 : 3,14
„ „	Levi	14,48	17,44	3 : 3,61
4. *Ervum Lens*	Levi	11,12	20,17	3 : 5,43
5. *Vicia sativa*	Levi	11,71	21,38	3 : 5,05
6. *Pyrus Cydonia*	Souchay	12,13	23,51	3 : 5,82
7. *Citrus medica*	Souchay	13,08	18,92	3 : 4,36
8. *Linum usitatissimum*	Leuchtweiss	12,76	22,50	3 : 5,29
9. *Sinapis alba*	James	13,36	20,96	3 : 4,71
10. „ *nigra*	James	12,40	20,95	3 : 5,07
11. *Brassica Napus*	Müller	13,76	23,16	3 : 5,03
12. *Datura Strammonium*	Souchay	15,09	19,28	3 : 3,84
13. *Cannabis sativa*	Leuchtweiss	11,86	19,33	3 : 4,90
14. *Pinus picea*	Poleck	12,36	22,02	3 : 5,34
15. *Avena sativa*	Boussingault	6,22	8,69	3 : 4,20
„ „	Knop und Schnedermann	6,58	10,38	3 : 4,74.

Digitized by Google

wenn er gleich, wie Jedermann, die grosse Wichtigkeit der anorganischen Substanzen für die Entwickelung der Pflanzen anerkennt, hat durch seine eignen Untersuchungen dies von Liebig aufgestellte Gesetz im Allgemeinen nicht bestätigt gefunden[155]); und ebenso sind in neuester Zeit Daubeny[156]) u. A. durch zahlreiche Versuche zu Resultaten gelangt, welche mit der Ansicht von der allgemeinen Gültigkeit des Liebig'schen Gesetzes nicht in Uebereinstimmung zu bringen sind.

So gross nun auch bereits die Anzahl der in neuerer Zeit ausgeführten Analysen der Asche von Pflanzen oder Pflanzentheilen ist, so sind die bisherigen Data und Erfahrungen doch keineswegs schon hinreichend, um irgendwie allgemeine Schluss-

---

II. *Samenaschen,*

in denen das Verhältniss zwischen der Phosphorsäure und den Basen sich dem der zweibasisch-phosphorsauren Salze nähert.

Name der Pflanze.	Name des Analytikers.	Sauerstoffgehalt der Basen.	Sauerstoffgehalt der Phosphorsäure.	Verhältniss des Sauerst. d. Basen und der Säure.
1. *Madia sativa*	Souchay	12,70	30,55	2 : 4,81
2. *Polygonum Fagopyrum*	Bichon	12,20	27,86	2 : 4,57
3. *Pinus sylvestris*	Poleck	10,51	25,53	2 : 4,86
4. *Hordeum vulgare*	Köchlin	7,90	22,11	2 : 5,54
" "	Schmidt	6,71	21,38	2 : 6,39
" "	Bichon	9,91	22,78	2 : 4,60
" "	Way	6,06	17,28	2 : 5,70
" "	Way	7,54	16,22	2 : 4,30
5. *Triticum sativum*	Schmidt	7,82	34,77	2 : 8,89
" "	Thon	12,93	25,48	2 : 3,94
" "	Boussingault	12,08	26,83	2 : 4,44
" "	Bichon	14,58	26,04	2 : 3,57
" "	Fresenius u. Will	12,02	27,40	2 : 4,56
" "	Fresenius u. Will	11,88	27,40	2 : 4,61
" "	Petzholdt	10,22	31,84	2 : 6,23
6. *Secale cereale*	Fresenius u. Will	11,22	26,30	2 : 4,69
" "	Bichon	12,47	27,97	2 : 4,49
" "	Geradewohl	10,47	25,32	2 : 4,84
7. *Zea Mays*	Letellier	12,96	27,83	2 : 4,30
8. *Milium sativum*	Poleck	5,13	10,10	2 : 3,95.

Die Asche der Caffeebohnen, sowie der Früchte von *Quercus Robur* und *Fagus sylvatica* nähert sich in ihrer Zusammensetzung derjenigen der Holzarten; der Sauerstoffgehalt der in der Asche der Caffeebohnen enthaltenen Basen beträgt nämlich 17,68, der der Phosphorsäure dagegen nur 7,55; es bleibt mithin als Sauerstoffgehalt der an Kohlensäure gebundenen Basen noch 13,15 übrig; in der Asche der Früchte von *Quercus Robur* verhalten sich dieselben Zahlen wie 15,54 : 8,68 : 9,33 und in der Asche der Samen von *Fagus sylvatica* wie 17,32 : 11,52 : 10,41.

Digitized by Google

folgerungen zuzulassen, und können nur dazu dienen, um zu zeigen, wie viel noch zu forschen übrig bleibt, ehe man eine klare

III. *Aschen der ganzen Pflanzen*
(Kräuter und Gräser).

Name der Pflanze.	Name des Analytikers.	Sauerstoffgehalt der Basen.	Sauerstoffgehalt der Phosphorsäure.	Sauerstoff der an Kohlensäure gebund. Basen.
1. *Onobrychis sativa*	Buch	18,60	14,72	9,77
2. *Trifolium pratense*	Boussingault	17,43	4,06	14,64
" "	Horsdorf	22,51	2,29	21,13
3. *Linum usitatissimum*	Kane	11,64	7,26	7,30
" "	Way	14,42	5,82	10,94
4. *Agrostemma Githago*	Rüling	17,90	4,67	15,04
5. *Chelidonium majus*	"	16,76	9,84	10,25
6. *Viscum album*	Fresenius u. Will	17,26	10,60	10,90
7. *Erica vulgaris*	Wiegmann	12,14	0,34	11,93
8. *Centaurea Cyanus*	Rüling	14,21	4,40	11,57
9. *Anthemis arvensis*	"	12,28	6,61	8,32
10. *Matricaria Chamomilla*	"	13,00	3,46	10,93
" "	"	13,38	5,17	10,28
11. *Cannabis sativa*	Kane	21,68	2,63	20,09
12. *Humulus Lupulus*	Nesbit	10,01	6,74	5,96
13. *Acorus Calamus*	Rüling	11,59	7,33	7,19
14. *Carex caespitosa*	Wiegmann	4,44	4,37	1,82
15. *Eriophorum vaginatum*	"	14,80	7,74	10,15
16. *Saccharum officinarum*	Stenhouse	6,99	2,68	6,54
" "	"	7,79	4,43	5,13
" "	"	5,20	4,53	2,48
" "	"	5,76	2,52	4,25
" "	"	8,32	4,51	5,62
" "	"	7,84	3,63	5,72
" "	"	8,56	2,68	6,95
" "	"	9,43	3,95	6,06
" "	"	9,92	3,37	7,90
" "	"	6,45	7,38	2,02
" "	"	5,62	1,58	4,67
" "	"	7,64	4,42	4,99.

IV. *Strohaschen.*

1. *Hordeum vulgare*	Way	6,43	1,01	5,83
"	"	7,64	2,72	6,01
2. *Avena sativa*	Boussingault	7,09	1,77	6,03
" "	Levi	8,95	1,07	8,31
3. *Triticum sativum*	Boussingault	6,05	1,79	4,97
" "	Petzholdt	4,24	2,27	2,88
4. *Secale cereale*	Fresenius u. Will	6,28	2,12	6,01
5. *Zea Mays*	Hruschauer	14,64	6,53	10,72
" "	"	11,51	11,33	4,53.

Digitized by Google

Vorstellung von der normalen Constitution der Pflanzen zu gewinnen im Stande sein wird, und bis man dahin gelangt, die Verän-

V. *Blätteraschen.*

Name der Pflanze.	Name des Analytikers.	Sauerstoffgehalt der Basen.	Sauerstoffgehalt der Phosphorsäure.	Sauerstoff der an Kohlensäure gebund. Basen.
1. *Brassica Rapa*		18,78	1,10	18,12
2. *Digitalis purpurea*	Wrightson	—	—	14,50
3. *Conium maculatum*	„	—	—	13,69
4. *Humulus Lupulus*	Nesbit	16,73	1,95	15,56
5. *Nicotiana Tabacum*	Will u. Fresenius	—	—	16,23
„	„ „	—	—	15,61
„	„ „	—	—	16,46
„	„ „	—	—	17,14
„	„ „	—	—	18,97
„	„ „	—	—	20,39
„	„ „	—	—	21,37
„	„ „	—	—	21,75
„	„ „	—	—	18,88
„	„ „	—	—	20,29.

VI. *Wurzelaschen.*

1. *Rubia tinctorum*	Köchlin	17,98	2,92	16,23
„	„	13,62	2,59	12,06
„	May	12,54	9,38	6,91
2. *Solanum tuberosum*	Boussingault	10,47	7,31	6,09
„	Way	12,87	6,61	8,91
3. *Helianthus tuberosus*	Boussingault	10,34	7,37	5,92
4. *Beta vulgaris*	„	12,65	4,20	10,13
5. Stoppelrüben	„	11,18	4,20	8,66
6. *Asparagus*	Levi	10,01	7,65	5,42.

VII. *Holzaschen.*

1. *Caesalpinia Sapan*	Köchlin	—	—	23,90
2. *Cerasus avium*	Engelmann	24,90	5,48	20,91
3. *Pyrus Malus*	Fresenius u. Will	24,59	2,33	23,19
4. *Vitis vinifera*	Hruschauer	17,99	9,08	12,53
„	„	18,81	10,86	12,30
„	„	19,05	9,37	13,43
„	Levi	21,53	2,92	19,79
„	„	19,09	10,48	12,81
„	Crasso	18,92	4,85	16,01
5. *Tilia europaea*	Hoffmann	17,47	2,85	15,71
6. *Ulmus campestris*	Wrightson	23,96	1,56	23,03
7. *Quercus Robur*	Denninger	25,93	1,92	24,78
8. *Fagus sylvatica*	Böttinger	—	—	24,65
9. *Pinus sylvestris*	„	—	—	20,53
„	„	—	—	21,10
„	Levi	—	—	22,08
10. *Pinus Larix*	Böttinger	—	—	21,37.

VIII. *Rindenaschen.*

1. *Cerasus avium*	Engelmann	20,07	1,92	18,92
2. *Tilia europaea*	Hoffmann	23,86	2,27	22,50
3. *Ulmus campestris*	Wrightson	24,88	0,68	24,48.

Digitized by Google

derungen verfolgen zu können, welche dieselben unter den äusseren Einflüssen der stets wiederkehrenden Naturverhältnisse erleiden, oder die künstlich hervorgebracht werden, sei es durch die

IX. *Asche einiger Fucusarten.*

Name der Pflanze.	Name des Analytikers.	Sauerstoffgehalt der Basen.	Sauerstoffgehalt der Schwefelsäure.	Sauerstoff der an Kohlensäure gebund. Basen.
1. *Fucus vesiculosus*	Gödechens	10,74	16,89	5,11
„ „	James	14,58	18.59	8,39
„ „	Forchhammer	13,93	15,73	8,69
„ „	„	7,33	8,07	4,64
2. „ *digitatus*	Gödechens	11,65	7,95	9,00
3. „ *nodosus*	„	13,12	16,02	7,78
4. „ *serratus*	„	14,22	12,63	10,01
5. *Durvilaea utilis*	Forchhammer	9,13	12,39	5,00
6. *Sargassum vulgare*	„	11,91	8,79	8,98
7. „ *cacciferum*	„	14,07	11,46	10,25
8. *Laminaria latifolia*	„	7,96	7,58	5,63
9. „ *digitata*	„	6,95	13,20	2,55
10. *Eklonia buccinalis*	„	15,86	9,59	12,66
11. *Furcellaria fastigiata*	„	13,96	18,75	7,71
12. *Chondrus crispus*	„	12,87	24,75	4,62
13. „ *plicatus*	„	11,93	11,22	8,19
14. *Iridaea edulis*	„	11,05	15,12	6,01
15. *Polysiphonia elongata*	„	12,10	18,33	5,99
16. *Delesseria sanguinea*	„	10,69	26,51	1,85.

[153]) Mulder's *physiolog. Chemie*, deutsche Ausgabe S. 684 u. ff. „In fast allen Pflanzen kömmen schwefelhaltige organische Stoffe vor, nämlich Eiweiss und Gluten. Der Schwefel kann nur von zersetzter Schwefelsäure herrühren und muss daher schwefelsauren Salzen entlehnt sein. Also *können* schwefelsaure Salze zersetzt werden, und indem sie Schwefel geben, müssen andererseits ihre Basen frei werden, welche dann Gelegenheit finden, sich mit den in der Pflanze bereiteten organischen Säuren, z. B. Aconitsäure, Chinasäure, zu verbinden. Da nun die schwefelhaltigen Stoffe, Eiweiss, Gluten u. s. w., allgemeine Bestandtheile der Pflanzen sind, so lässt sich schliessen, dass jener Process, in Folge dessen die schwefelsauren Salze zersetzt und deren Basen in Freiheit gesetzt werden, auch ein allgemeiner sei. Ausserdem kommt in manchen Pflanzenproteïnverbindungen freier Phosphor vor, der seine Entstehung einer Zersetzung der Phosphorsäure, also phosphorsaurer Salze, verdankt, wobei die Basen ebenfalls frei werden, um sich mit organischen Säuren zu verbinden. Die Zerlegung der Chlorüre in den Pflanzen wird durch keinen einzigen Beweisgrund unterstützt. Doch ist bemerkenswerth, dass in den See- und Küstenpflanzen und in manchen Productionen der Seethiere Jod gewissermaassen als organisches Element auftritt. Der Schwamm enthält Jod ebenso mit Kohle, Wasserstoff und Sauerstoff verbunden, wie das Eiweiss den Schwefel. Ueber die Zersetzung kohlensaurer Salze ist kein Zweifel. Oxalsäure in Berührung mit kohlensauren Verbindungen treibt die Säure aus und verbindet sich mit der Basis. Versuche haben ausserdem dargethan, dass kohlensaure Salze durch die Pflanze selbst zerlegt werden (Draper, vergl. oben S. 261). Ueberall, wo also freie Säuren

Digitized by Google

Hand des nach materiellem Gewinne strebenden Praktikers oder des von wissenschaftlichem Eifer für die immer mehr sich Bahn

---

sich bilden, verlieren die vorhandenen kohlensauren Salze ihre Säure, und umgekehrt, wo ein kohlensaures Salz durch das Licht zersetzt wird, sind die Bedingungen zur Bildung eines organischen, Alkali enthaltenden, Salzes gegeben. — Nimmt man hinzu, dass die Pflanzenwurzeln kieselsaures Kali und Natron aufsaugen und dass an vielen Stellen Kieselerde ausgeschieden, also Kali und Natron davon getrennt wird, dass ferner die huminsauren, ulminsauren, geïnsauren, quellsauren und quellsatzsauren Verbindungen von Kali, Natron, Magnesia, Kalk und Eisenoxyd in die Pflanzen eindringen und die organischen Bestandtheile in dem Maasse zersetzt werden, als sie in der Pflanze emporsteigen, so ergiebt sich, dass eine Menge von Ursachen zusammenwirken, um den Pflanzenorganismus mit den unorganischen Basen zu versehen, welche sich sowohl in Verbindung mit Pflanzensäuren, als mit den indifferenten Stoffen: Gummi, Pflanzenschleim, Dextrin, Pectose, Cellulose, der inkrustirenden Substanz, der der Cuticula u. s. w. vorfinden."

[154]) Mulder a. a. O. S. 690 u. ff. „Ueber das Vorkommen der unorganischen Basen in den Pflanzen lässt sich daher kein allgemeines Gesetz aufstellen. Wir finden sie in allen Pflanzen ohne Unterschied; blos *Mycoderma vini* ausgenommen, enthalten alle bis jetzt untersuchten Pflanzen unorganische Bestandtheile. Wir wissen ferner, dass ein Theil derselben mit Pflanzensäuren vereinigt ist, z. B. in der China Kalk mit Chinasäure, in den Oxalisarten Kali mit Oxalsäure, in den Trauben Kali und Kalk mit Weinsteinsäure. Aber während sie in den genannten und andern säurehaltigen Pflanzen hinreichen, um die vorhandenen Säuren zu neutralisiren, und wenn sich ihre Quantität dort nach dem Gehalte der Säuren richtet, so giebt es doch auch viele Pflanzen, in denen die Säuren fehlen und die nichts desto weniger eine ansehnliche Menge Basen enthalten. Wiederum mangeln die Basen in Pflanzen, welche durch einen Gehalt an freier Säure ausgezeichnet sind. Man findet die Basen in jeder Zellenwand, wie jung sie auch sein möge, in der Spiralfaser, wie in den verdickten Holzzellen wieder. Wir schliessen daraus, dass sie für das Pflanzenleben unentbehrlich sind; die Pflanze kränkelt, wenn man ihr die nöthigen Basen entzieht, und bringt dann, weil sie krank ist, diejenigen Stoffe nicht mehr hervor, welche sie im normalen Zustande erzeugt. Aber wir folgern daraus nicht, dass die einzelnen Stoffe, welche im krankhaften Zustande nicht mehr producirt werden, unmittelbar selbst der Basen zu ihrem Bestehen bedürfen. Das Amylum z. B. enthält fast gar keine unorganische Bestandtheile; es bildet sich ausser dem directen Einflusse derselben; aber der Zelleninhalt, welcher das Dextrin des Pflanzensaftes in Amylum verwandeln muss, kann sie nicht entbehren, er verliert seine Eigenschaften, wenn ihm nicht die nöthigen Basen dargeboten werden. *Demzufolge* wird kein Amylum erzeugt, obschon es selbst nicht der Basen bedarf. — Auf gleiche Weise verhält es sich mit den Pflanzensäuren. Ich glaube, wir würden sehr irren, wollten wir annehmen, dass eine Pflanze, der man die nöthige Menge Kali vorenthält, deshalb kein oxalsaures oder weinsteinsaures Kali hervorbringt, weil die Säuren keine Basen finden, welche sie neutralisiren. Die Pflanze wird vielmehr bei Mangel an Kali krank, ihre Bestandtheile setzen sich in anderer Weise um, als im normalen Zustande, und in Folge der allgemeinen Krankheit, also im indirecten Zusammenhange mit dem Mangel an Kali, hört die Bildung von Oxalsäure und Weinsäure auf. Eine Pflanze, der man alle unorganischen Stoffe entzieht, bringt *Nichts* hervor; und wer behaupten wollte, dass von der Gegenwart der unorganischen Basen die Bildung der Säuren abhängt, müsste auch zugeben, dass die Vegetation über-

Digitized by Google

brechende Aufklärung der ewigen Naturgesetze geleiteten und begeisterten Naturforschers.

---

haupt, die Production der Pflanzenalkalien, ätherischen Oele, Farbstoffe u. s. w. durch sie bedingt ist. Dies ist der einzige Zusammenhang, welchen ich zwischen dem Gehalte an Säure, der sich analytisch aus einer Pflanze ausziehen lässt, und der Menge der Basen erkennen kann, welche ihr als Nahrung dargeboten werden. Je mehr Basen — bis zu einer gewissen Gränze hin — in die Pflanze eintreten, um so kräftiger wird sie emporwachsen, eine desto grössere Menge der ihr eigenthümlichen Verbindungen, z. B. Säuren, wird sich bilden und durch Ablagerung dem in der Pflanze überall thätigen Stoffwechsel entziehen. Nur auf diese Weise lässt sich die sonst räthselhafte Beobachtung erklären, dass die Bildung der Säuren mit dem Vorkommen der Basen gleichen Schritt hält; denn wenn die Säure z. B. in der Frucht erzeugt wird, so können wir uns doch füglich die Wurzel nicht mit dem Vermögen begabt denken, dafür zu sorgen, dass die Säure in der Frucht durch Kali hinreichend gesättigt wird. Es ist leicht begreiflich, weshalb in nassen Jahren die Früchte sauer bleiben; denn in der Frucht findet nicht die gehörige Verdampfung des Wassers Statt und der Pflanzensaft kann deshalb nicht in hinreichender Menge zu der Frucht gelangen, um mit seinen aufgelösten Basen die Säuren zu neutralisiren. Reife Früchte müssen deshalb mehr Asche hinterlassen als saure, und deshalb möchten Bérard's Versuche nicht volles Vertrauen verdienen (siehe oben S. 232). Die sauren und unreifen Früchte enthalten endlich eine grössere oder geringere Menge freier Säuren, ein Beweis, dass die Säuren gebildet werden, bevor unorganische Basen in hinlänglicher Menge vorhanden sind. Daraus folgt zugleich, dass die Quantität der erzeugten Säure mit der Menge der als Nahrungsstoff zugeführten Basen nicht gleichen Schritt hält. Den obigen Betrachtungen zufolge kann ich Liebig's Ansicht über den Einfluss der Basen auf die Erzeugung von Säuren in den Pflanzen nicht theilen, sondern glaube, dass jener für die Entwickelung der Pflanzen wichtige Gegenstand aus einem andern Gesichtspunkte aufgefasst werden muss."

[155]) Boussingault: *Landwirthsch.* Th. I. S. 77 u. ff. u. Th. II. S. 216 u. ff.

[156]) Daubeny: *Ueber den Fruchtwechsel und die Quantität unorganischer Substanzen, welche durch verschiedene Pflanzen unter verschiedenen Umständen dem Boden entzogen wird* (Ausz. aus d. Philos. Transact. 1845. Part. II. p. 179—252). Siehe später in dem Abschnitte *Wechselwirthschaft.*

Digitized by Google

Vierter Abschnitt.

Der Dünger,

dessen

Zusammensetzung und Wirkung auf das Gedeihen

der

Pflanzen.

Digitized by Google

Digitized by Google

In dem vorigen Abschnitte wurde ausführlich gesprochen von den Nahrungsmitteln der Pflanze, welche für die Entwickelung und das Gedeihen der letztern wesentlich sind und deren theilweiser Mangel alle Vegetation entweder gänzlich aufhebt oder doch in hohem Grade unterdrückt. Wir sahen, dass der Kohlenstoff in der Form von Kohlensäure in der atmosphärischen Luft seine Hauptquelle habe und in verhältnissmässig nur geringer Menge durch Zersetzung der in der Dammerde enthaltenen organischen Substanz, sei es als Kohlensäure oder in einer zusammengesetzteren organischen Verbindung, den Pflanzen dargeboten werde; wir bemerkten ferner, dass der Wasserstoff der Pflanzen wahrscheinlich durch eine Zersetzung des Wassers in einen Zustand versetzt werde, welcher die Assimilation desselben möglich mache, dass aller Stickstoff, welcher in der Pflanze sich vorfindet, als Ammoniak von derselben müsse absorbirt worden sein und als solches entweder durch die Luft und das Regenwasser dem Lande zugeführt werde, oder als Zersetzungsproduct thierischer und vegetabilischer Körper in dem Dünger seinen Ursprung habe; und endlich, dass bei alleiniger Gegenwart von Kohlensäure, Ammoniak und Wasser keine Pflanze zur völligen Entwickelung gelangen könne, sondern dass dazu das Vorhandensein gewisser, dem Mineralreiche angehörender Substanzen in dem Ackerboden unumgänglich nothwendig sei. Wir wissen nun, dass mit jeder Ernte dem Lande ein grösserer oder geringerer Theil seiner auf die Vegetation günstig einwirkenden Bestandtheile entzogen wird, dass, wenn man diese nicht wieder zu ersetzen vermag, der Boden allmählig erschöpft wird und endlich in den Zustand einer gänzlichen Unfruchtbarkeit geräth. Es ist deshalb die Hauptaufgabe für eine wissenschaftliche Bearbeitung der Landwirthschaft, genau zu bestimmen, welche Bestandtheile es sind, die die Fruchtbarkeit des Bodens bedingen, oder mit andern Worten, welche Körper von den Pflanzen absorbirt und assimilirt werden, im Allgemeinen und für jede einzelne Pflanze insbesondere, — damit man stets dem Boden das Fehlende zusetzen und ihm eine solche Bearbeitung geben könne,

Digitized by Google

welche für den zu erzielenden Ertrag am zweckmässigsten sein wird. Alles, wodurch die Fruchtbarkeit des Bodens vermehrt und die Beschaffenheit desselben für irgend einen besondern Zweck verbessert wird, kann man unter der allgemeinen Benennung des *Düngers* zusammenfassen, gleichviel, ob das Mittel dem organischen Reiche angehört oder dem Mineralreiche entnommen wird. Eine jede Pflanze erfordert eine bestimmte und verschiedene Cultur, und es ist deswegen vor allen Dingen nothwendig, die Umstände kennen zu lernen, unter welchen eine Pflanze zu der üppigsten Entwickelung gelangt. Wir sind noch sehr weit von einer genügenden Lösung dieser wichtigsten aller Fragen der Landwirthschaft entfernt, da, wie wir im Vorhergehenden gesehen haben, noch über die allgemeinsten Verhältnisse der Pflanzenernährung so grosse Meinungsverschiedenheiten herrschen; indessen sind in neuerer Zeit nicht unbedeutende Anfänge gemacht worden, welche bei einer grösseren Vervielfältigung genau und sorgfältig ausgeführter Versuche in vielleicht kurzer Zeit Aufklärung über diese Verhältnisse zu versprechen scheinen. Schon in den ältesten Zeiten und an allen Orten, wo der Ackerbau die Beschäftigung eines Volkes wurde, hat man den Werth des Düngers erkannt, und dass man dem Boden durch dieses Mittel die in Folge der Ernte ihm theilweise geraubte Fruchtbarkeit wieder zurückzugeben im Stande ist; es muss also der Landmann sein Hauptaugenmerk auf die Production sowohl einer möglichst grossen Menge von Dünger richten, als auch darauf seine Aufmerksamkeit verwenden, dass dieser Dünger in einen Zustand versetzt wird, in welchem er dem Lande die grösste Kraft und Fruchtbarkeit mitzutheilen vermag; die Erfahrung ist hierin, wie in den meisten landwirthschaftlichen Verhältnissen, die beste Rathgeberin; um jedoch aus der Erfahrung allgemein gültige Folgerungen ableiten zu können, muss sie nothwendig durch wissenschaftliche Kenntnisse gestützt und geleitet sein, denn nur wo die Wissenschaft mit der Praxis Hand in Hand geht, kann man für beide die günstigsten Resultate erwarten.

I. Dem organischen Reiche angehörende Düngmittel.

Die wichtigsten Bestandtheile der gewöhnlichen, dem organischen Reiche entnommenen Düngmittel scheinen einentheils die in denselben enthaltenen mineralischen Substanzen, anderntheils die organischen Stoffe und namentlich deren Stickstoff zu sein, da man ihren Kohlenstoff, wenigstens bei der Cultur einer grossen Anzahl von Vegetabilien, nicht als wesentlich betrachten kann, weil dieser in hinreichender Menge aus der umgebenden Atmosphäre den Pflanzen dargeboten wird. In den *Excrementen der Thiere* wird dem Boden zum grössten Theile wieder zurückgegeben, was ihm durch die Ernten entzogen wurde; ein grosser Theil der Wirkung dieses

Digitized by Google

Düngers wird eben bedingt durch seine mineralischen Bestandtheile, welche in einem auflöslichen und assimilirbaren Zustande in die neuen Pflanzen wieder übergehen und hier zu mannigfachen Bildungen und Umwandlungen des Organismus wahrscheinlich die Veranlassung geben. Die einzelnen Excremente sind für sich [1])

---

[1]) Hinsichtlich der Untersuchungen über die Zusammensetzung verschiedener thierischer Excremente glauben wir hier auf die Angabe der folgenden uns beschränken zu können:

Pferdeharn gab nach Boussingault (*Landwirthsch.* II. S. 79) in 100 Theilen 12,4 trocknen Rückstand, dagegen der *Pferdekoth* 24,7 Proc. Die Elementaranalyse ergab folgende Resultate:

	Pferdeharn:		Pferdekoth:	
	trocken	flüssig.	trocken	flüssig.
Kohlenstoff	36,0	4,46 —	38,7	9,56
Wasserstoff	3,8	0,47 —	5,1	1,26
Sauerstoff .	11,3	1,40 —	37,7	9,31
Stickstoff .	12,5	1,55 —	2,2	0,54
Salze . .	36,4	4,51 —	16,3	4,02
Wasser .	0,0	87,61 —	0,0	75,31.

Vauquelin ferner fand im Pferdeharn und Jackson im Pferdekoth die folgenden Bestandtheile (vergl. Liebig's *Agriculturchemie* S. 230):

Pferdeharn.		Pferdekoth (Asche).	
Kohlensaurer Kalk .	11	Phosphorsaurer Kalk .	5,0
Kohlensaures Natron	9	Kohlensaurer Kalk . .	18,75
Hippursaures Natron	24	Phosphors. Bittererde	36,25
Chlorkalium . . .	9	Kieselerde	40
Harnstoff	7		100,00.
Wasser	940		
	1000.		

Kuhharn und *Kuhkoth;* die Elementarzusammensetzung ist nach Boussingault:

	Kuhharn:		Kuhkoth:	
	trocken	flüssig.	trocken	flüssig.
Kohlenstoff	27.2	3,18 —	42,8	4,02
Wasserstoff	2,6	0,30 —	5,2	0 49
Sauerstoff .	26,4	3,09 —	37,7	3,54
Stickstoff .	3,8	0,44 —	2,3	0,22
Salze . .	40,0	4,68 —	12,0	1,13
Wasser .	„	88.31 —	„	90,60.

100 Theile des Harns hinterliessen 11,7; 100 Th. der Excremente beim Austrocknen 9,4 Th. Rückstand. — Die Analysen von Brande über den Kuhharn und Haidlen über den Kuhkoth ergaben:

Kuhharn.		Kuhkoth (Asche).	
Chlorkalium u. Salmiak	15	Phosphorsaurer Kalk .	10.9
Schwefelsaures Kali .	6	Phosphors. Bittererde	10,0
Kohlensaures Kali . .	4	Phosphors. Eisenoxyd .	8,5
Kohlensaurer Kalk .	3	Kalk	1,5
Harnstoff	4	Gips	3,1
Wasser	650	Kieselerde	63,7
	682	Chlorkalium, Kupfer	Spuren
		Verlust	1,3
			100,0.

Morin (J. de Chim. méd. 1830. Sept. 545—553; übersetzt in Erdm. Journ. f. techn. u. ökon. Ch. Bd. IX. S. 162—169) fand in 100

Digitized by Google

sowohl als in dem Zustande, in welchem sie mit einander und mit andern Substanzen gemengt den sogenannten *Stall-*, *Hof-* oder

---

Grammen Kuhmist beim Verbrennen 2 Grm. Rückstand, bestehend aus schwefelsaurem und salzsaurem Kali, salzsaurem Kalk, kohlensaurem und phosphorsaurem Kalk, Kieselerde, Thonerde und Eisenoxyd. Nach demselben sind in 500 Grammen Kuhmist enthalten:

Wasser	350,0	Grm.
Holzfasrige Materie	120,4	„
Grüne fette Materie	7,6	„
Süsse Materie, welche Morin für das süsse Princip des *Picromels* hält	3,0	„
Bubulin	8,0	„
Coagulirtes Eiweiss	2,0	„
Bräunliche harzige Substanz	9,0	„
	500,0	Grm.

Die Excremente und den Harn des *Menschen* fand Berzelius (Ann. de Chim. LXI. p. 321 und *Lehrb. d. Chemie* Bd. IX. zusammengesetzt:

	Menschenkoth.
Unverdaute Nahrungsmittel	7,0
Galle	0,9
Eiweiss	0,9
Eigenthümlicher Extractivstoff	2,7
Schleimige u. harzige Substanzen, unlöslicher Rückstand, nicht bestimmte animalische Substanzen	14,0
Salze	1,2
Wasser	73,3
	100,0.

Die Salze waren folgende:

Kohlensaures Natron	29,4
Chlornatrium	23,5
Schwefelsaures Natron	11,8
Phosphorsaure Ammoniak-Talkerde	11,8
Phosphorsaure Kalkerde	23,5
	100,0.

	Menschenharn.		Harnrückstand.
Harnstoff	30,10	—	44,39
Freie Milchsäure, Milchsaures Ammoniak, Fleisch-Extract, Extractivstoffe	17,14	—	25,58
Harnsäure	1,00	—	1,49
Harnblasenschleim	0,32	—	0,48
Schwefelsaures Kali	3,71	—	5,54
Schwefelsaures Natron	3,16	—	4,72
Phosphorsaures Natron	2,94	—	4,39
Zweifach-phosphors. Ammoniak	1,65	—	2,46
Kochsalz	4,45	—	6,64
Salmiak	1,50	—	2,23
Phosphorsaure Bittererde u. Kalk	1,00	—	1,49
Kieselerde	0,03	—	0,05
Wasser	933,00		100,00
	1000,00.		

Der Schweine-, Schaf- und ganz besonders der Taubenkoth ist reich an Stickstoff und deshalb ebenfalls sehr geeignet, die Fruchtbarkeit der

Digitized by Google

Felddünger [2]) bilden, in verschiedenen Perioden der Zersetzung mehrfach untersucht und analysirt worden. In neuerer Zeit hat

---

Ländereien zu erhöhen. — Liebig (a. a. O. S. 231 u. ff.) bemerkt: „Die Wirkung, welche die flüssigen und festen Excremente der Thiere auf unsern Aeckern hervorbringen, hört mit der Kenntniss ihres Ursprungs auf, geheimnissvoll und räthselhaft zu sein. Die mineralischen Bestandtheile der Speisen, des Futters der Thiere, stammen von unsern Aeckern; wir haben sie in der Form von Samen, von Wurzeln und Kraut darauf geerntet. In dem Lebensprocess der Thiere verwandeln sich die verbrennlichen Elemente der Nahrung in Sauerstoffverbindungen, der Harn und die Faeces enthalten die entzogenen Bodenbestandtheile unserer Felder; wir stellen, indem wir sie den Aeckern wieder einverleiben, den ursprünglichen Zustand der Fruchtbarkeit wieder her; bringen wir sie auf ein Feld, in welchem diese den Pflanzen unentbehrlichen Nahrungsstoffe fehlten, so wird das Feld fruchtbar für alle Gewächse.“ — „Es ist gewiss, dass wir die Excremente der Thiere und Menschen entbehren können, wenn wir im Stande sind, aus andern Quellen uns die Stoffe zu verschaffen, durch die sie allein Werth für die Agricultur besitzen. Ob wir das Ammoniak in der Form von Urin oder in der Form eines aus Steinkohlentheer erhaltenen Salzes, ob wir den phosphorsauren Kalk in der Form von Knochen oder als Apatit zuführen, ist für den Zweck ganz gleichgültig. Die Hauptaufgabe der Agricultur ist, dass wir in irgend einer Weise die hinweggenommenen Bestandtheile, welche die Atmosphäre nicht liefern kann, ersetzen. Ist dieser Ersatz unvollkommen, so nimmt die Fruchtbarkeit unserer Felder oder die des ganzen Landes ab; führen wir mehr zu, so wird die Fruchtbarkeit gesteigert u. s. w.“

[2]) Eine Analyse des Felddüngers hat Richardson (Phil. Mag. Journ. Vol. XXVII. No. 177), J. f. pr. Ch. XXXV. 510—11, mitgetheilt. Im frischen Zustande enthielt derselbe 64,96 Proc. Wasser, 24,71 organische Materie und 10,33 Salze. Bei 100° getrocknet, enthielt die Substanz:

Kohlenstoff	37,40
Wasserstoff	5,27
Sauerstoff	25,52
Stickstoff	1,76
Asche	30,05.

Die Asche bestand aus:

A. Der in Wasser lösliche Theil:	
Kali	3,22
Natron	2,73
Kalk	0,34
Manganoxyd	0,26
Schwefelsäure	3,27
Chlor	3,15
Kieselerde	0,04
B. Zum Theil in Salzsäure lösliche Stoffe:	
Kieselerde	27,01
Phosphorsaurer Kalk	7,11
Phosphorsaure Talkerde	2,26
Phosphorsaures Eisen	4,68
Phosphorsaures Mangan und Thonerde	Spuren
Kohlensaurer Kalk	9,34
Kohlensaure Talkerde	1.63
Sand	30,99
Kohle	0,83
Alkali und Verlust	3,14
	100,00.

Digitized by Google

namentlich Boussingault in Verbindung mit Payen u. A. sich vielfache Verdienste erworben um die Anwendung der Chemie auf

---

Boussingault (Ann. de Ch. et de Ph. III. Sér. I. p. 234), *Landwirthsch.* II. 46 u. ff., untersuchte den Stalldünger von *Bechelbronn*, zu dessen Bildung 30 Pferde, 30 Stück Rindvieh und 12–20 Schweine beigetragen hatten. Der Wassergehalt wurde durch Trocknen der lufttrocknen Substanz bei 110° C. bestimmt; der Dünger befand sich im mittleren Zustande der Fäulniss. Er enthielt:

Im Winter von 1837–1838	. . . .	20,4	Proc.	trockne Substanz
„ „ „ 1838–1839	. . . .	22,2	„	„ „
„ Sommer „ 1839	. . . . .	19,6	„	„ „
	Mittel	20,7		
	Wasser	79,3.		

Die Elementaranalyse gab folgende Resultate:

	Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst.	Stickst.	Asche.
Winter 1837–1838	32,4	3,8	25,8	1,7	36,3
Derselbe . . .	32,5	4,1	26,0	1,7	35,7
Derselbe . . .	38,7	4,5	28,7	1,7	26,4
Frühjahr 1838 . .	36,4	4,0	19,1	2,4	38,1
Frühjahr 1839 . .	40,0	4,3	27,6	2,4	25,7
Dasselbe . . .	34,5	4,3	27,6	2,0	31,5.

Im Mittel enthält also der	trockne	der feuchte Stalldünger:
Kohlenstoff . . .	35,8	7,41
Wasserstoff . . .	4,2	0,87
Sauerstoff	25,8	5,34
Stickstoff	2,0	0,41
Aschenbestandtheile	32,2	6,67
Wasser	„	79,30
	100,0	100,00.

Aus der Zusammensetzung und der Menge der Ausleerungen der Thiere während 24 Stunden wird man bestimmen können, welches die Elemente sind, welche bei der Verwesung und Fäulniss ausgeschieden werden. Boussingault fand:

I. Ausleerungen von einem *Pferde;* Nahrung: Heu und Hafer; Excremente und Harn zusammen enthalten 76,2 Proc. Wasser; die Ausleerungen in 24 Stunden wogen feucht 15,58 Kilogr., trocken 3,713 Kilogr. — II. Von einer *Kuh;* Futter: Heu und rohe Kartoffeln; Wasser der Ausleerungen = 86,4; Gewicht feucht 36,613, trocken 4,961 Kilogr. — III. Von einem *Schweine* (6–8 Monate alt); Futter: in Dampf gekochte Kartoffeln; Wasser der Ausleerungen 82 Proc.; Gewicht derselben in 24 Stunden feucht 4,170, trocken 0,750 Kilogr. — IV. *Streu*, gewöhnlich Weizenstroh; dieses enthält in dem Zustande, wie es angewendet wird, 26 Proc. Wasser. Die Elementarzusammensetzung dieser Substanzen war:

	I.		II.		III.		IV. nicht	
	trock.	feucht.	trock.	feucht.	trock.	feucht.	trock.	getr.
Kohlenstoff	38,6 —	9,19	39,8 —	5,39	38,7 —	6,97	48,4 —	35,8
Wasserstoff	5,0 —	1,20	4,7 —	0,64	4,8 —	0,86	5,3 —	3,9
Sauerstoff	36,4 —	8,66	35,5 —	4,81	32,5 —	5,85	38,9 —	28,8
Stickstoff	2,7 —	0,65	2,6 —	0,36	3,4 —	0,61	0,4 —	0,3
Salze u. Erden	17,3 —	4,13	17,4 —	2,36	20,6 —	3,71	7,0 —	5,3
Wasser	0,0 —	76,17	0,0 —	86,44	0,0 —	82,00	0,0 —	26,0.

Als Streu erhält zu Bechelbronn täglich an Stroh: ein Pferd 2, eine Kuh 3 und ein Schwein 1,87 Kilogramme.

Die folgende Tabelle giebt die Menge und die Zusammensetzung der Stoffe an, welche in einem Tage in Dünger übergehen:

Digitized by Google

diesen wichtigen Theil der Landwirthschaft; er hat nämlich eine grosse Anzahl der Stoffe, die unter verschiedenen Umständen als

In 24 Stunden von	Gewicht im trocknen Zustande.	Gewicht im feuchten Zustande.	Elemente der trocknen Materie. Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Salze und Erden.	Wasser der feuchten Materie.
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
30 Pferden	111,4	467,4	43,0	5,6	40,5	3,0	19,3	356,0
30 Stück Hornvieh	148,8	1098,4	59,2	7,0	52,8	3,9	25,9	949,6
16 Schweinen	12,0	66,7	4,6	0,6	3,9	0,4	2,5	54,7
Stroh der Streuen	133,0	180,0	64,4	7,1	51,7	0,5	9,3	47,0
	405,2	1812,5	171,2	20,3	148,9	7,8	57,0	1407,3,

also die mittlere Zusammensetzung dieses Gemenges:

Im trocknen Zustande. Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Salze.	Im feuchten Zustande. Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Salze.	Wasser.
42,3	5,0	36,7	1,9	14,1	9,4	1,2	8,2	0,4	3,2	77,6.
Die Zusammensetzung des Düngers ist:										
35,8	4,2	25,8	2,0	32,2	7,4	0,9	5,3	0,4	6,7	79,3.

„Wenn man die Zusammensetzung des Düngers mit der während eines Tages gesammelten Streu vergleicht, so findet man wenig Unterschied; der Ueberschuss an Salzen und Erden, welchen man bei dem Dünger, welcher in Gruben gelegen hatte, wahrnimmt, erklärt sich auf eine ganz natürliche Weise aus der Asche, welche man ihm zufügt, aus der zufälligen Beimengung andrer erdiger Substanzen, wie Kehricht, und der den Wurzeln anhängenden Erde, aus dem Umstande, dass sämmtliche Abfälle und Rückstände des in den Ställen verzehrten Futters zu Mist werden, endlich daraus, dass seine Elementarbestandtheile entweder als Gas entweichen, oder sich in Wasser verwandeln. Der gegohrene Dünger enthält mehr Stickstoff als die Streu und die Ausleerungen zusammen; man sieht dies leicht, wenn man die nach Abzug der Salze und Erden berechnete Zusammensetzung dieser beiden Erzeugnisse mit einander vergleicht:

	Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst.	Stickstoff.
Die Zusammensetzung der frischen Streu wird alsdann	49,3	5,8	42,7	2,0
Die des Düngers	52,8	6,1	38,1	3,0.

Der Dünger ist daher etwas reicher an Kohlenstoff als die Streu; er enthält dagegen weniger Sauerstoff. Dies rührt von der Holzfaser her, welche sich zersetzt und ungeachtet der Kohlensäure, welche sich während jener Zersetzung bildet und entweicht, ein kohlenstoffreicheres Product erzeugt, weil gleichzeitig auch die Elemente des Wassers abgeschieden werden. Der gegohrene Dünger enthält weniger Sauerstoff als der, welcher nicht in den Gruben aufbewahrt wurde; er müsste daher auch weniger Wasserstoff enthalten, was aber die Analysen nicht ergeben. Man darf es jedoch nicht übersehen, dass die Menge Sauerstoff = 4,6, welche sich weniger darin befindet, um Wasser zu bilden

Digitized by Google

Dünger in Anwendung kommen können, einer vergleichenden Untersuchung unterworfen, wobei er namentlich auf den Stickstoffgehalt dieser Stoffe Rücksicht nehmen zu müssen glaubte, indem er den Stickstoff für den Bestandtheil hält, der dem Düngmittel seinen Hauptwerth giebt [3]). Boussingault hat deshalb den Stickstoffgehalt vieler Düngmittel genau bestimmt und daraus die Aequivalentzahl derselben berechnet, d. h. die Menge eines jeden Düngers, welche hinsichtlich ihres Stickstoffgehaltes 100 Theile des Normaldüngers oder des gewöhnlichen Hofmistes zu ersetzen vermögen, unter der Voraussetzung, dass die ganze Quantität des

---

nur 0,57 Wasserstoff bedarf, und dies ist eine Zahl, welche bei Untersuchungen der Art unmöglich genau angegeben werden kann. Aus diesen Untersuchungen lässt sich aber mit aller Gewissheit entnehmen, dass der in den Gruben gegohrene Dünger eine grössere Menge Stickstoff enthält als die Substanzen, aus denen er hervorgegangen ist. Es ist deshalb auch sehr wahrscheinlich, dass man an der Gesammtmenge dieser Elemente keinen allzugrossen Verlust erleidet, vorausgesetzt, dass der Gährungsprocess gut geleitet wurde, wenn man den Dünger auf die Aecker bringt, bevor seine Fäulniss schon zu grosse Fortschritte gemacht hat. Dieses Ergebniss, welches ich mir habe angelegen sein lassen, zu bestätigen, findet zum Theil seine Erklärung in den interessanten Untersuchungen von Hermann (Journ. f. pr. Chemie XXVII. S. 167), welche zeigen, dass die verwesende Holzfaser der Luft eine gewisse Menge Stickstoff entzieht und sich aneignet."

[3]) Boussingault a. a. O. S. 51 u. ff. u. S. 93 u. ff. „Der Stickstoff ist in der That dasjenige Element, dessen Erhaltung und Vermehrung am wichtigsten ist. Die zur Erzeugung von Dünger am meisten geeigneten organischen Stoffe sind immer diejenigen, welche bei ihrer Zersetzung zur Bildung stickstoffreicherer, auflöslicher oder flüchtiger Körper Veranlassung geben." — „Wenn wir auch die Wichtigkeit, selbst die unerlässliche Nothwendigkeit der stickstoffhaltigen Substanzen in den Düngungsmitteln völlig anerkennen, so darf man darum doch nicht glauben, dass sie die einzigen sind, welche den Boden fruchtbar machen können. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Salze der Erden und Alkalien zur Vollendung der Vegetationserscheinungen unentbehrlich sind, und es ist noch keineswegs genügend erwiesen, dass die stickstofffreien organischen Substanzen nur eine leidende Rolle spielen. Mit wenigen Ausnahmen aber sind die feuerbeständigen Salze, das Wasser oder seine Elemente und der Kohlenstoff die in dem Dünger vorherrschenden Bestandtheile. Das Element, welches in der geringsten Menge darin vorhanden ist, ist der Stickstoff; überdies ist es auch dasjenige, welches sich am leichtesten während der Zersetzung der Körper, die es enthalten, verflüchtigt. Dieserhalb ist es in der That auch sehr wichtig, die Gegenwart des Stickstoffs nachzuweisen, denn sein Gehalt bestimmt den Werth des Düngers." (Payen und Boussingault: Ann. de Ch. et de Ph. III. Sér. III. p. 65.) — „Ueberzeugt, dass der Stickstoffgehalt eines Düngers von der grössten Wichtigkeit ist, haben wir, Payen und ich, zahlreiche Analysen ausgeführt, um die Menge dieses in den zahlreichen zur Verbesserung des Bodens angewendeten Stoffen enthaltenen Körpers zu bestimmen. Diese Arbeit hat uns die Mittel dargeboten, den Gehalt und die Ersatzwerthe der untersuchten Dünger, indem wir sie (Gehalt und relativen Werth) auf den Stallmist bezogen, welchen wir als den eigentlichen Dünger betrachten, festzustellen." — Die Resultate dieser Untersuchungen findet man in der folgenden Tafel zusammengestellt.

Digitized by Google

Stickstoffs in die Pflanzen übergeht und die vollständige und üppige

Tabelle über den gegenseitigen Werth der Dünger nach den Analysen von Payen und Boussingault.

Benennung.	Gewöhnliche Wassermenge.	Stickstoff in 100 Th. des Stoffes		Gehalt im Zustande		Aequivalent im Zustande		Bemerkungen.
		trocken	feucht	trocknen	feuchten	trocknen	feuchten	
Stallmist	79,3	1,95	0,41	100	100	100	100	Durchschnitt v. Bechelbronn.
Mist aus einer Gastwirthsch.	60,6	2,08	0,79	107	197	94	51	Aus dem südl. Frankreich.
Mistjauche	99,6	1,54	0,06	78	2	127	6	Vom Waschen durch d. Regen.
Weizenstroh	19,3	0,30	0,24	15	60	650	167	Frisch vom Elsass, 1838.
desgl.	5,3	0,53	0,49	27	122,5	367	82	Altes aus d. Umgegend v. Paris.
desgl.	5,3	0,43	0,41	22	102,5	453	98	desgl. der untere Theil.
desgl.	9,4	1,42	1,33	73	332,5	137	30	desgl. die Theile nächst d. Aehren und die Aehren.
Roggenstroh	12,2	0,20	0,17	10	42,5	975	235	Aus dem Elsass.
desgl.	12,6	0,50	0,42	26	105	390	95	Umgegend von Paris, 1841.
Haferstroh	21,0	0,36	0,28	18	70	542	143	
Gerstenstroh	11,0	0,26	0,23	13	57,5	750	174	
Weizenspreu	7,6	0,94	0,85	48	212,5	207	47	
Erbsenstroh	8,5	1,95	1,79	100	447,5	100	22	Aus d. Elsass.
Hirsenstroh	19,0	0,96	0,78	49	195	203	51	
Buchweizenstroh	11,6	0,54	0,48	27	120	361	83	
Linsenstroh	9,2	1,12	1,01	57	250	174	40	
Trockne Stengel von Topinambur	12,9	0,43	0,37	22	92,5	453	108	
Madiablätter	14,3	0,66	0,57	33	142,5	295	70	Nach d. Körnergewinnung.
desgl. als grüner Dünger	70,6	1,53	0,45	79	113	126	89	Vor derselben.
Trockn. Ginster	10,4	1,37	1,22	70	305	142	33	Stengel u. Blätt.
Runkelrübenblätter	88,9	4,50	0,50	230	125	43	80	Von Feldrunkelrüben.
Kartoffelblätter	76,0	2,30	0,55	117	137,5	85	73	Blätter von der Ernte.
Carottenkraut	70,9	2,94	0,85	150	212,5	66	47	
Blätt. v. Haide	7,0	1,90	1,74	97	435	103	23	An der Luft getrocknet.
Bl. v. Birnbaum	14,5	1,59	1,36	81,5	340	127	29	
— v. der Eiche	25,0	1,57	1,18	80	293	125	34	Im Herbst abgefallene Blätter.
— — Pappel	51,1	1,17	0,54	66	134	167	74	
— — Buche	39,3	1,91	1,18	78	294	102	34	
— — Acazie	53,6	1,56	0,72	80	180	125	56	

Digitized by Google

Entwickelung derselben befördert. In Betreff der Aufnahme und

Benennung.	Gewöhnliche Wassermenge.	Stickstoff in 100 Th. des Stoffes		Gehalt im Zustande		Aequivalent im Zustande		Bemerkungen.
		trocken	feucht	trocknen	feuchten	trocknen	feuchten	
Buchsbaum	59,3	2,89	1,17	147	293	68	34	Zweige u. Blätt.
Kleewurzeln, untergegraben	9,7	1,77	1,61	90	402,5	110	25	An der Luft getrocknet.
Fucus digitatus	39,2	1,41	0,86	72	215	139	46	
desgl.	40,0	1,58	0,95	81	237,5	123	42	An der Luft getrocknet.
Fucus saccharinus	40,0	2,29	1,38	117	345	85	29	
desgl.	75,5	—	0,54	—	135	—	74	Aus d. Meere.
Seegras, verkohlt	3,8	0,40	0,38	20	95	488	105	
Austerschalen	17,9	0,40	0,32	20	80	488	125	
Meermuscheln	—	0,05	0,05	3	13	3750	769	Trocken, von Dünkirchen.
Flussschlamm von Morlaix	3,7	0,42	0,40	21	100	464	100	
Seesand v. der Rhede v. Roscoff	0,5	0,14	0,13	7	32,5	1393	308	Meeressand.
Seesand (Merl)	1,0	0,52	0,51	26,5	128	377	78	Meeressand.
Kabeljau, gesalzen	38,0	10,86	6,70	557	1675	18	6	
— gewaschen u. ausgedrückt	10,0	18,74	16,86	961	4215	10	2½	An der Luft getrocknet.
Sägespäne von Tannenholz	24,0	0,22	0,16	11	40	886	250	Lufttrocken.
desgl.	24,0	0,31	0,23	15	57,5	629	174	Lufttrocken.
—v. Eichenholz	26,0	0,72	0,54	36	135	256	74	
Samen d. weissen. Lupine	10,5	4,35	3,49	223	872,5	45	11½	Gekocht u. getrock., Toscana.
Malzkehricht	6,0	4,90	4,51	251	1127,5	40	9	
Weintrester	48,2	3,31	1,71	169	427,5	57	23	
Samenkuchen von Lein	13,4	6,00	5,20	307	1300	33	8	
— von Raps	10,5	5,50	4,92	282	1230	35	8	
— v. *Helianthus tuberosus*	6,6	8,89	8,33	455	2082,5	21	4½	
Samenkuchen v. Madia	11,2	5,70	5,06	292	1265	34	8	
—v. Leindotter	6,5	5,93	5,52	304	1378	33	7¼	
— — Hanf	5,0	4,78	4,21	245	1052	41	9½	
— — Mohn	6,0	5,70	5,36	292	1340	34	7½	
— — Buchenkernen	6,2	3,53	3,31	181	828	55	12	
— — Wallnuss	6,0	5,59	5,24	287	1310	35	7½	
— — Baumwollenkörnern	11,0	4,52	4,02	232	1000	32	10	
— — der Reinigung d. Oels	10,0	3,92	3,54	201	885	50	11¼	Frisches Fett, durch Pappelsägespäne gerein.

Digitized by Google

Assimilation des Stickstoffs durch die Pflanzen verweisen wir hier auf den hierüber handelnden Artikel des vorigen Abschnittes.

Benennung.	Gewöhnliche Wassermenge.	Stickstoff in 100 Th. des Stoffes		Gehalt im Zustande		Aequivalent im Zustande		Bemerkungen.
		trocken	feucht	trocknen	feuchten	trocknen	feuchten	
Samenk. von der Reinigung des Oels	7,7	0,58	0,54	30	135	332	75	Fischthran, durch Pappelsägespäne gereinigt.
Aepfelmark	6,4	0,63	0,59	32	147	309	68	Lufttrocken, v. d. Ciderbereitung.
Hopfentreber	73,0	2,23	0,56	114	140	88	67	
Runkelrüb.-Mark	9,3	1,26	1,14	64	285	155	35	Lufttrocken.
desgl.	70,0	—	0,38	64	85	—	106	Aus der Presse.
Runkelr.-Scheiben, erschöpft	94,5	1,76	0,01	90	2	111	4137	Nach Dombasle's Verfahren.
Kartoffelmark	73,0	1,95	0,53	100	131,5	100	76	
Kartoffelsaft	95,4	8,28	0,38	425	94	23	106	Geruht u. abges.
Flüssigkeit aus d. Stärkemehlfabrication	99,2	8,28	0,07	425	17,5	—	571	Von d. Abwasch. mit 4 Volumen Wasser.
Absatz aus dieser Flüssigkeit	80,0	1,81	0,36	92	90	108	111	In Haufen abgetropft.
desgl.	15,0	1,81	1,54	92	384,5	—	24	Lufttrocken.
FesteExcremente von Kühen	85,9	2,30	0,32	117	80	84	125	
Harn von Kühen	88,3	3,80	0,44	194	110	51	91	
Gemischte Excr. von Kühen	84,3	2,59	0,41	132	102,5	75	98	
Feste Excrem. v. Pferde	75,3	2,21	2,55	113	137,5	88	73	
Harn v. Pferde	79,1	12,50	2,61	641	652,5	15½	15½	Dicker Harn; das Pferd trank wenig.
Gemischte Excr. vom Pferde	75,4	3,02	0,74	154	185	64	54	
Excr. v. Schwein.	81,4	3,37	0,63	172	157,5	58	63	
— — Schafen	63,0	2,99	1,11	153	277,5	65	36	
— — Ziegen	46,0	3,93	2,16	201	540	50	18½	
Flamänd. Dünger, flüssiger	—	—	0,19	—	47,5	—	210	Im normalen Zustande.
desgl.	—	—	0,22	—	55	—	182	
Poudrette v. Belgien	12,5	4,40	3,85	225	962	44	10¼	Lufttrocken.
— v. Montfaucon	41,4	2,67	1,56	137	390	73	25½	
Harn von öffentl. Pisswinkeln	9,6	17,56	16,85	900	4213	11	2¼	Im Wasserbade getrocknet.
desgl.	96,9	23,11	0,72	1133	179	8½	56	Flüssig, ammoniakalisch.
Verkohlte Erde	44,6	1,96	1,09	100,5	272	98	37	Seit 11 Monaten zubereitet.
desgl. v. den Feldern bei Paris	42,0	2,96	1,24	151,6	310,5	66	32	Frisch fabricirt.
Sogenannt. holländisch. Düng.	44,1	2,48	13?	127	340	79	29½	In Lyon fabricirt.

Digitized by Google

So wichtig der Stickstoff den Pflanzen auch ist zur Erzeugung

Benennung.	Gewöhnliche Wassermenge.	Stickstoff in 100 Th. des Stoffes: trocken	Stickstoff in 100 Th. des Stoffes: feucht	Gehalt im Zustande: trocknen	Gehalt im Zustande: feuchten	Aequivalent im Zustande: trocknen	Aequivalent im Zustande: feuchten	Bemerkungen.
Seekräuter, verkohlt	12,1	2,73	2,40	140	600	7	16½	Im Wasserbade getrocknet (von Marseille).
Taubenmist	9,6	9,02	8,30	462	2075	21½	5	VonBechelbronn.
Guano (in England eingeführt)	19,6	6,20	5,00	323	1247	31½	80	Im gewöhnlichen Zustande.
desgl.	23,4	7,05	5,40	361	1349	28	74	Durchgesiebt.
Guano (in Frankreich eingef.)	11,3	15,73	13,95	807	3487	12½	28½	
Koth von Seidenraupen	14,3	3,48	3,29	178,7	827	56	12	5 Jahr alt.
desgl.	11,4	3,71	3,29	190	822	53	12	6 Jahr alt.
Larv. v. S.-Raup.	78,5	8,99	1,94	461	485	21½	20½	
Maikäfer	77,0	13,93	3,20	714	801	14	13	
Muskelfleisch, trocken(löslich)	8,5	14,25	13,04	730	3260	13½	3	Lufttrocken.
Blut, trocknes	21,4	15,50	12,18	795	3045	12½	3½	So wie man es versendet.
Blut, flüssiges	81,0	—	2,95	795	736	—	13½	Beim Schlachten.
desgl.	82,5	—	2,71	795	580	—	15	Von erschöpften Pferden.
Blut, geronnen und gepresst	73,5	17,00	4,51	871	1128	11½	9	Aus der Presse.
— trockn., unlösl.	12,5	17,00	14,88	871	3719	11½	2¾	In der Fabrik getrocknet.
Rückstände von Berlinerblau	53,4	2,80	1,31	144	326	7	30½	Blutlaugenkohle.
Gedörrte Knoch.	7,5	7,58	7,02	388	1754	26	6	
Feuchte Knochen	30,0	—	5,31	—	1326	—	7½	
Fettknoch., nicht gedörrt	8,0	—	6,22	—	1554	—	6½	0,10 Fett enthaltend.
Rückstände von Knochenleim	42,0	0,91	0,53	47	133	214	76	
Abfälle v. Leim	33,6	5,63	3,73	288,4	933,5	35	11	Von Fabricanten geliefert.
Knochenkohle v. Raffinerien	47,7	2,04	1,06	104	265	96	38	So wie man es bereitet hatte.
Schwarz d. Raffinerien	27,7	19,01	13,75	974	3437	103	8	Zu Paris bereitet.
Schaum von Abklärungen	67,0	1,58	0,54	81	134	127	75	Von der Zuckerfabrik.
Engl. Schwarz	13,5	8,02	6,95	411,4	1738	24	6	Blut, Kalk, Russ.
Federn	12,9	17,61	15,34	903	3835	11	2¼	
Haare v. Ochsen	8,9	15,12	13,78	775	3445	13	3	
Wollene Lumpen	11,3	20,26	17,98	1039	4495	9½	2¼	
Hornspäne	9,0	15,78	14,36	809	3590	12¼	3	
Steinkohlenruss	15,6	1,59	1,35	81	337,5	122	30	
Holzruss	5,6	1,31	1,15	67	287,5	149	35	
Asche aus d. Picardie	9,2	0,71	0,65	36	162,5	275	62	
Düngererde von trocknem Mist	—	1,03	—	53	—	189	33	Im Wasserbade getrocknet.

Digitized by Google

von Caseïn, Albumin und Fibrin, und so sehr die üppige Entwickelung der Vegetation durch eine Zufuhr von stickstoffhaltigem

---

Zur Erklärung des Gebrauchs dieser Tafeln mögen folgende Beispiele dienen: „Die Oelkuchen waren im Jahre 1842 billig; es handelte sich darum zu ermitteln, ob es vortheilhaft sei, sie zur Vermehrung der Getreideerzeugung auf das Land zu bringen. Man muss annehmen und dies ist der weniger günstige Fall, dass der Weizen allen Stickstoff aus dem Boden, nicht aber aus der Atmosphäre schöpfe, und zweitens auch, dass aller Stickstoff des Oelkuchens während der Cultur verbraucht werden wird; eine Voraussetzung, welche sich bei angemessener Wärme und Feuchtigkeit verwirklichen könnte. In allen Fällen würden die übrigen im Boden verbliebenen Bestandtheile der Oelkuchen ihre Wirksamkeit in den folgenden Jahren äussern. Folgende sind die bei der Frage in Betracht kommenden Puncte:

1) Der bei Bechelbronn angebaute Weizen enthält durchschnittlich 0,025 Stickstoff;

2) in dem Stroh von 1841 fand ich 0,003 Stickstoff;

3) die Oelkuchen von Leindotter, von welchen man Anwendung machen wollte, enthielten 0,055 Stickstoff; ihr gegenwärtiger Preis mit Einschluss des Mahlgeldes ist für 100 Kilogr. 8 Frcs.;

4) das Gewicht der Körner verhält sich zu dem des Strohes wie 47 : 100;

das Hectolitre Weizen wiegt 77 Kilogr.; sein Durchschnittspreis ist 18 Frcs.;

100 Kilogr. Stroh kosten 3 Frcs.; eine Garbe von 100 Kilogr., bestehend aus:

32 Kilogr. Frucht, enthält	0,800 Kil. Stickstoff,	Preis	5 Fr.	76 Ct.
68 „ Stroh „	0,189 „	„	2 „	4 „
Gesammtmenge des Stickstoffs	0,989		7 Fr.	80 Ct.

0,989 Kilogr. Stickstoff finden sich in 18 Kilogr.
Oelkuchen von Leindotter, diese kosten . . . 1 Fr. 44 Ct.

Unterschied 6 Fr. 36 Ct.

18 Kilogr. Oelkuchen vermehren also, indem sie zu einer Garbe Weizen werden, ihren Werth um 6 Frcs. 36 Ct. Selbst wenn man annimmt, dass nur die Hälfte oder der dritte Theil von dem, was die Voraussetzung angiebt, aufgenommen werde, sieht man, dass ein Zusatz von Oelkuchen versucht werden muss, und dass man nichts vernachlässigen darf, ihre Anwendung als Dünger allgemeiner zu machen. — In Frankreich ist die Erzeugung der Oelkuchen äusserst beträchtlich. Zu dem Ertrage unsers Bodens kommen noch die, welche von dem vom Auslande bezogenen Samen gewonnen werden; diese Zufuhr vermehrt sich noch mit jedem Tage; im Jahre 1837 betrug sie 25574700 Kilogr., und 1840 war sie bis auf 49559500 Kilogr. gestiegen. Durchschnittlich liefern die Oelkörner nach dem Pressen in runder Zahl 60 Proc. Rückstand. Nach glaubwürdigen Angaben, die besonders von Leroy de Bethune *(Rapport fait au Conseil général d'Agriculture;* Journal d'Agriculture pratique, t. V. p. 362) genau geprüft wurden, führt man nicht allein die aus diesen Samen erhaltenen Oelkuchen, sondern auch noch die, welche durch den Anbau in Frankreich gewonnen werden, aus. 1837 betrug diese Ausfuhr 5 Millionen Kilogr. und 1840 10 Millionen. Wie Leroy de Bethune bemerkt, ist dies für die Landwirthschaft etwas sehr Beklagenswerthes. Aus dem eben angeführten Beispiele ersieht man, dass, bei angemessener Verwendung, 10 Millionen Kilogr. Oelkuchen für 56 Millionen Weizengarben den Stickstoff, also den Hauptbestandtheil, liefern können. Aus einer solchen Ernte gewinnt man 231115 Kilogr. Weizen, welcher

Digitized by Google

Dünger oder von Ammoniak befördert wird, so scheint es doch, dass man in dem Stickstoffe des Düngers doch nicht die alleinige

---

4160000 Francs, 38000000 Kilogr. Stroh, welches 1134000 Frcs. werth ist; beide zusammen haben demnach einen Werth von 5294000 Frcs.; für die verkauften Oelkuchen werden jedoch nur 600000 Frcs. eingenommen, wonach sich der der Nationallandwirthschaft hieraus erwachsende Schaden auf 4694000 Frcs. berechnet." — „Ich habe den Nutzen nachgewiesen, welchen der auf die Halmfrüchte als Dünger angewendete Leindotterkuchen darbieten kann; jetzt will ich untersuchen, ob er bei dem niedrigen Preise und der Menge, wie er vorhanden war, als ich ihn anwendete, zur Erzeugung von Heu und Kartoffeln benutzt werden kann. Unsere hochgelegenen Wiesen geben, wenn sie nicht mit frischer Erde überdeckt (beerdet) worden sind, sehr wenig befriedigende Resultate; ihre Lage macht sie den Geschirren wenig zugänglich, und Oelkuchen würden daher ganz an ihrem Platze sein.

100 Kilogr. Heu haben einen Durchschnittswerth von etwa 6 Frcs.

Die Zusammensetzung des Grummets zu Grunde legend, kann man den Stickstoffgehalt des Heu's von natürlichen Wiesen zu 0,015 annehmen.

100 Kilogr. Heu, welche 1,5 Kilogr. Stickstoff enthalten, kosten . . . . . 6 Fr. — Ct.

Zur Erzeugung derselben würde man 25,5 Kilogr. Oelkuchen (in denen 1,5 Kilogr. Stickstoff) nöthig haben, diese kosten . . . . . 2 „ 4 „

Unterschied 3 Fr. 96 Ct.

Hiernach würde es vortheilhaft sein, die Wiesen durch Oelkuchen zu verbessern. — Nach den im Jahre 1839 zu Bechelbronn gemachten Erfahrungen verhält sich das Gewicht der Kartoffeln (im gewöhnlichen Zustande) zu dem des als trocken angenommenen Krautes wie 100 : 6,4. Die Knollen enthalten:

0,0036 Stickst.; 100 Kil. also 0,36 Kil. Stickst., sie kosten 2 Fr. — Ct.

Die trocknen Blätter:

0,0230 Stickst.; 6,4 Kil. also 0,15 „ „ „ „ 0 „ — „

0,51 Kilogr. 2 Fr. — Ct.

Diese 0,51 Kilogr. Stickstoff finden sich in 9,3 Kilogr. Oelkuchen, welche kosten . . . . . 0 Fr. 74 Ct.

Unterschied 1 Fr. 26 Ct.

Wenn also 100 Kilogr. Oelkuchen 8 Frcs. kosten, so können sie beim Kartoffelbau noch benutzt werden; steigt aber ihr Preis, wie es in manchen Jahren der Fall ist, auf 20 Frcs., so ist eine solche Verwendung nicht mehr statthaft; denn alsdann würden 9,3 Kilogr. fast 2 Frcs. kosten.

Die in der Tabelle angegebenen Ersatzwerthe drücken den relativen Werth der verschiedenen Dünger aus; man ersieht daraus das Verhältniss, in welchem die eine Substanz der andern substituirt werden muss, und bestimmt bei Einkäufen nach ihren gegenseitigen Aequivalenten, welcher der vortheilhaftere ist. Ist z. B. das Aequivalent der Leindotterkuchen 7,25, das des Hofmistes 100, so heisst dies: 100 Kilogr. Hofmist können durch 7,25 Kilogr. Oelkuchen ersetzt werden.

100 Kilogr. Hofmist werden auf 60 Ctm. geschätzt;
7,25 „ Oelkuchen würden 58 Ctm. kosten.

Man sieht, dass es selbst bei dem gegenwärtig sehr niedrigen Preise der Oelkuchen keinen Vortheil mehr darbieten würde, sie dem Hofmiste zu substituiren. Doch könnte an Oertern, welche von grossen Städten weit entfernt sind und wo es fast unmöglich ist, sich Dünger

Digitized by Google

oder die Hauptbedingung des Gedeihens der Pflanzen zu suchen habe, sondern dass wenigstens in vielen Fällen nur die mineralischen Bestandtheile und namentlich die in auflöslichen Zustand versetzten phosphorsauren und kieselsauren Salze dem Boden die durch vorhergehende Ernten verminderte Fruchtbarkeit wieder zu ersetzen vermögen, — eine Ansicht, die namentlich in Liebig ihren Hauptvertreter gefunden hat; er betrachtet die sogenannte organische oder humusartige Substanz zur Pflanzenernährung grossentheils für überflüssig, indem nach ihm die Pflanzen in der sie umgebenden und

---

in genügender Menge zu verschaffen, dessen Ersatz durch Oelkuchen noch vortheilhaft sein. — Uebrigens muss man in einer guten Wirthschaft den Ersatz des Düngers nicht vom Gewinn, sondern von der Möglichkeit, sich die Ersatzmittel zu einem angemessenen Preise zu verschaffen, abhängig machen. Aus der mit „Gehalt" bezeichneten Columne ersieht man sogleich die Preise, welche man ihnen beilegen darf, und es genügt hierzu, den Werth des Normaldüngers zu kennen. Gesetzt derselbe sei 60 Centm. für den Centner, und man wollte wissen, was man für 100 Kilogr. an der Luft getrocknete Fettknochen, deren Gehalt 1554 ist, den des Hofmistes zu 100 angenommen, bezahlen kann, so würde man haben:

$$100 : 0 \text{ Frcs. } 60 \text{ Ctm.} = 1554 : x = 9 \text{ Frcs. } 32 \text{ Ctm.}$$

In der Tabelle sind der Stickstoffgehalt, der Werth und das Aequivalent der Dünger, sowohl für trockne Substanzen als auch für den Zustand, in welchem sie gewöhnlich verbraucht werden, angegeben, und die Feststellung dieser Verhältnisse war wichtig. Das in der ersten Spalte angezeigte Wasser ist ein ziemlich unsicheres Element, aber sein Verhältniss in einem Dünger muss nothwendig auf dessen Werth beträchtlich einwirken. Daher bieten alle auf trockne Substanzen bezogene Bestandtheile mehr Bürgschaft. Beim Ankauf von Düngern darf man es daher nie vernachlässigen, diese Substanzen auszutrocknen, besonders wenn dieselben ihrer Beschaffenheit nach sehr verschiedene Mengen von Wasser aufzunehmen vermögen."

Mulder *(physiolog. Chemie*, S. 744) bemerkt zu dieser Methode Boussingault's, den Werth des Düngers nach der Quantität Stickstoff zu schätzen, welche derselbe bei der Elementaranalyse giebt: „Diese Methode ist durchaus zu verwerfen; sie beruht auf dem unwahren Satze, dass alle stickstoffhaltigen Körper durch Verwesen unmittelbar in Ammoniak, Kohlensäure und Wasser zerfallen; dass sie hierin zerfallen, wenn sie Jahrelang die Zersetzung befördernden Einflüssen ausgesetzt sind, ist bekannt; wenn wir nun auch nicht wissen, wie viele Jahre stickstoffhaltige Körper zu ihrer Zersetzung bedürfen, so wissen wir doch von vielen, dass sie sehr lange Widerstand leisten. So stellt man Morphin aus Opium dar, indem man dieses verwesen lässt, und was noch wichtiger ist, man bereitet das Leucin, einen Stoff, welcher 10,77 Proc. Stickstoff enthält, dadurch, dass man Käse faulen lässt. Käse zerfällt aber nicht unmittelbar, selbst nicht in einer sehr langen Zeit, vielleicht auch nicht in vielen Jahren, in Kohlensäure, Ammoniak und Wasser, sondern giebt einen krystallisirbaren Stoff, der kein Ammoniak enthält. Dasselbe Resultat, welches der Käse giebt, ist auch vielleicht von allen Proteïnverbindungen möglich, und da wir nicht wissen, wie viel Leucin auf diese Weise gebildet wird, und ausser demselben noch zugleich andere, nicht ammoniakhaltige Körper entstanden sein können, so ist der Maassstab für die Güte der Düngerarten nicht in dem Stickstoffgehalte derselben zu suchen und man sollte daher als Maassstab denselben verwerfen."

Digitized by Google

sich stets erneuernden atmosphärischen Luft nicht allein ihren Bedarf an Kohlenstoff, sondern auch den ihnen unentbehrlichen Stickstoff in hinreichender Menge vorfinden, so dass also diese Elemente nicht durch den Dünger ihnen zugeführt zu werden brauchen; wenn auch oftmals durch Zusatz von Ammoniak ein grösserer Ertrag erzielt wird, so wird dieser nicht allein durch die grössere Menge assimilirbaren Stickstoffs verursacht, sondern namentlich auch durch das Vorhandensein einer hinreichenden Menge auflöslicher mineralischer Körper, ohne deren Gegenwart der Zusatz einer noch so grossen Menge Ammoniak überflüssig, ja sogar schädlich sein würde. Liebig findet deswegen die grössere Wirksamkeit des alten und gegohrenen Mistes in dem beträchtlicheren Gehalte an mineralischen Nahrungsstoffen der Pflanzen begründet, indem der alte Mist bei gleichem Gewichte oft 4 bis 6 Mal mehr Mineralsubstanz enthält als der frische; und aus diesem Verhalten erklärt sich auch die ausserordentlich günstige Einwirkung von Pflanzenaschen auf das Gedeihen der Pflanzen, die durch vielfache Erfahrungen und Thatsachen sich bestätigt gefunden hat und schon seit den ältesten Zeiten anerkannt ist [1]).

---

[1]) Liebig: *Agriculturchemie*, 5. Aufl. S. 239. „Die thierischen Excremente sind in der Agricultur ersetzbar durch Materien, die ihre Bestandtheile enthalten. Da nun ihre Hauptwirksamkeit in ihrem Gehalte an den mineralischen Nahrungsstoffen beruht, welche die Culturpflanzen zu ihrer Entwickelung nöthig haben, so ist klar, da die Ernährung und das Gedeihen der wildwachsenden Pflanzen an die nämlichen Ursachen und Gesetze geknüpft ist, dass wir mit dem mineralischen Nahrungsstoffe der wildwachsenden Pflanzen, *dies will sagen mit ihrer Asche*, unsere Felder in ganz gleicher Weise düngen können, wie mit Thierexcrementen, dass wir damit, wenn eine zweckmässige Auswahl getroffen wird, unsere Aecker mit allen den Bestandtheilen wieder versehen können, die wir in der Ernte der Culturpflanzen hinweggenommen haben.“ Ueber die Aschendüngung siehe weiter unten. — ‚Von ähnlicher Wirkung wie die Asche sind die Knochen wegen ihres grossen Gehalts an Phosphorsäure. Liebig a. a. O. S. 241: „Die Düngung eines Morgens Landes mit 60 Pfd. frischer Knochen reicht hin, um drei Ernten (Runkelrüben, Weizen, Roggen) mit phosphorsauren Salzen zu versehen. Die Form, in welcher die phosphorsauren Salze dem Boden wiedergegeben werden, scheint hierbei aber nicht gleichgültig zu sein. Je feiner die Knochen zertheilt und je inniger sie mit dem Boden gemischt sind, desto leichter wird die Assimilirbarkeit sein; das beste und zweckmässigste Mittel wäre unstreitig, die Knochen fein gepulvert mit ihrem halben Gewichte Schwefelsäure und 3—4 Theilen Wasser eine Zeitlang in Digestion zu stellen, den Brei mit etwa 100 Th. Wasser zu verdünnen und mit dieser sauren Flüssigkeit (phosphorsaurem Kalk und Bittererde) den Acker vor dem Pflügen zu besprengen. In wenigen Secunden würde sich die freie Säure mit den basischen Bestandtheilen des Bodens verbinden, es würde ein höchst fein zertheiltes, neutrales Salz entstehen. Versuche, die in dieser Beziehung auf Grauwackenboden angestellt wurden, haben das positive Resultat gegeben, dass Getreide und Gemüsepflanzen durch diese Düngungsweise nicht leiden, dass sie im Gegentheil auf's Kräftigste sich entwickeln.“

Digitized by Google

Eine jede Pflanze, die in Cultur genommen wird, erfordert eine eigenthümliche Zusammensetzung und eine besondere Bearbeitung des Bodens; je nachdem bei einer bestimmten Pflanze auf die Production irgend eines seiner Theile, entweder der Wurzeln, der Blätter, der Stengel oder der Früchte, besonders Rücksicht genommen wird, erfordert die Behandlung wiederum besondere Aufmerksamkeit, und die Modificationen, welchen der Landbau in dieser Hinsicht unterworfen ist, lassen sich also bis in's Unendliche vervielfältigen. Es ist die Aufgabe der Wissenschaft, alle diese Verhältnisse aufzuklären und endlich die ganze Theorie der Landwirthschaft auf einfache und allgemeine Principien zurückzuführen. Wir sind bis jetzt im Stande, nur wenige Beobachtungen und Versuche, welche den angedeuteten Gegenstand berühren, mitzutheilen; es muss noch eine grosse Menge von Vegetationsversuchen unter den mannigfaltigsten Verhältnissen im Kleinen wie im Grossen angestellt, es müssen noch unendlich viele chemische Untersuchungen und Analysen des Bodens, des Düngers und der Pflanzen in den verschiedenen Stadien ihrer Entwickelung mit Anwendung aller Hülfsmittel, wie die immer vollkommener sich entwickelnde Wissenschaft sie darbietet, ausgeführt werden, es muss auf die physikalischen Eigenschaften der Ackererde, auf die Einwirkung des Klima's, der Lage und der meteorologischen Erscheinungen überhaupt noch viele Aufmerksamkeit gewendet werden, ehe es gelingt, ein nur einigermaassen klares Licht zu verbreiten über die speciellen Bedingungen, unter welchen irgend eine besondere Pflanze die üppigste Entwickelung erreicht und den grösstmöglichsten Ertrag liefert; aber „es wird eine Zeit kommen, wo man den Acker, wo man jede Pflanze, die man darauf erzielen will, mit dem ihr zukommenden Dünger versieht, den man in chemischen Fabriken bereitet; wo man nur dasjenige giebt, was der Pflanze zur Ernährung dient, ganz so, wie man jetzt mit einigen Granen Chinin das Fieber heilt, wo man sonst den Kranken eine Unze Holz nebenbei verschlucken liess [5])."

---

[5]) Liebig a. a. O. S. 244. Es heisst ferner ebenda: „Es giebt Pflanzen, welche Humus bedürfen, ohne bemerklich zu erzeugen; es giebt andere, die ihn entbehren können, die einen humusarmen Boden daran bereichern; eine rationelle Cultur wird allen Humus für die ersten und keinen für die andern verwenden, sie wird die letztern benutzen, um die ersteren damit zu versehen. Geben wir der Pflanze Kohlensäure und alle Materien, die sie bedarf, geben wir ihr Humus in der reichlichsten Quantität, so wird sie nur bis zu einem gewissen Grade zur Ausbildung gelangen; wenn es an Stickstoff fehlt, wird sie Kraut, aber keine Körner, sie wird vielleicht Zucker und Amylon, aber keinen Kleber erzeugen. Durch die Zufuhr von Ammoniak und damit von Stickstoff werden die Zwecke der Agricultur ebenfalls nicht erfüllt; so nothwendig das Ammoniak für die kräftigste Entwickelung der Pflanzen auch ist, so reicht es dennoch für sich allein nicht hin zur Erzeugung von vegetabilischem *Casein*, *Fibrin* und *Albumin*, denn ohne die begleitenden Alkalien, ohne schwefelsaure und phosphorsaure

Digitized by Google

Es ist in dem *Hof-* oder *Stalldünger*, der von dem Landmanne gewöhnlich ohne Unterschied auf jedem Boden und für jede Frucht angewendet wird, Alles enthalten, was die Pflanzen zur Nahrung bedürfen; denn er besteht eben aus einem Gemenge aller jener thierischen und vegetabilischen Ueberreste, welche durch vorhergehende Ernten der verschiedensten Früchte entweder mittelbar oder unmittelbar aus dem Boden entnommen sind; eine jede Pflanze muss also in ihm irgend etwas finden, was ihrer Entwickelung hauptsächlich förderlich ist, und die günstige Wirkung dieses Mengdüngers muss daher eine allgemeine sein, und zugleich ist dieser Dünger wegen seiner mannigfaltigen Zusammensetzung im Stande, mehrere Jahre hindurch verschiedenen Früchten die zu ihrer Ernährung nöthigen Bestandtheile zu liefern, weil eben die abwechselnd cultivirten Pflanzen auch dem Boden verschiedene Substanzen entziehen. Jedoch ist wohl nicht zu läugnen, dass in vielen Verhältnissen eine bedeutende Ersparniss an Zeit und Kosten und ein weit grösserer Ertrag erzielt werden könnte, wenn man auf eine rationellere Weise zu Werke ginge und so viel wie möglich den verschiedenen Pflanzen gerade die Verbindungen in reichlichem Maasse darböte, welche ihre üppigste und kräftigste Entwickelung bewirken. Es sind über die Wirkung der verschiedenen Düngerarten schon seit längerer Zeit von einem mehr oder weniger wissenschaftlichen Gesichtspunkte aus zahlreiche Versuche angestellt worden, von denen einige wir schon in dem vorigen Abschnitte bei andern Betrachtungen zu berühren Gelegenheit hatten und auf die wir hier nur insofern aufmerksam machen wollen, als sie mit chemischen Untersuchungen verbunden und von Chemikern ausgeführt oder veranlasst worden sind, indem die in rein praktischer Hinsicht unternommenen und im Grossen ausgeführten Versuche hier, als dem Zwecke dieses Werkes ferner liegend, keine Erwähnung finden können. Im Allgemeinen sind der für

---

Salze, kennen wir diese Stoffe nicht; wir müssen voraussetzen, dass ohne ihre Mitwirkung das Ammoniak auf die Entwickelung und Bildung der Samen nicht die geringste Wirkung ausübt, dass es ganz gleichgültig ist, ob wir Ammoniak zuführen oder nicht; es wird keinen Antheil an der Bildung der Blutbestandtheile nehmen, wenn die andern Bedingungen zu ihrer Erzeugung nicht gleichzeitig vorhanden sind." Ferner a. a. O. S. 251: „Je nach den Producten, die man erzielen will, richten sich die Stoffe, die man als Dünger zu geben hat. Die Alkalien sind vorzugsweise zur Erzeugung der stickstofffreien Bestandtheile des Zuckers, Amylons, Pectins, Gummi's nöthig; die phosphorsauren Salze wirken vorzüglich auf die Bildung der Blutbestandtheile. Ein mit thierischem Dünger und damit an phosphorsauren Salzen reichlich versehener Acker bringt eine Gerste hervor, welche die Bierbrauer verwerfen, weil sie reich an Blutbestandtheilen und verhältnissmässig arm an Amylon ist. Was also der Viehmäster am meisten schätzt, achtet der Bierbrauer gering, eben weil der Zweck des einen die Production von Fleisch, der des andern die Fabrication von Alkohol ist."

Digitized by Google

Wissenschaft und Praxis wichtigen chemisch-agronomischen Untersuchungen über die Wirkungsart der verschiedenen Dünger bis jetzt nur wenige, und auch diese wenigen erfordern zum Theil noch eine weitere Ausführung und Bestätigung im Einzelnen. Wir können, wie ich glaube, die älteren Versuche und Untersuchungen von Marci [6]), Fagraeus [7]), Parmentier [8]), Kirwan [9]), Lavoisier [10]), Tessier [11]) u. A., und selbst von Einhof [12]) und Sprengel [13]), mit Stillschweigen übergehen, da die Analysen dieser Chemiker nicht mit der zum Theil erst durch die Entdeckungen und Verbesserungen der neueren Zeit möglich gewordenen Genauigkeit ausgeführt worden sind. Erwähnung verdienen hier jedoch zunächst die Versuche Hermbstädt's über den Einfluss der verschiedenen organischen Düngungsmittel auf die Erzeugung der

---

[6]) Marci: *Ueber den Nutzen der künstlichen Düngmittel, nebst einer Zerlegung der holländischen Asche, des Kornbodens, des Mergels und des Kalks, als solche betrachtet* (Mém. de l'Acad. de Bruxelles t. III.; Journ. des Séances p. 45—74); Crell Annalen 1784. II. 239—245.

[7]) Jon. Theod. Fagraeus: *Vom Nutzen gährender Stoffe beim Ackerbau* (Kongl. Vetensk. Acad. Nya Handl. for Oct., Nov., Dec. Aar 1783. S. 249—256); Crell Annalen 1785. II. 50—57.

[8]) Parmentier: *Ueber die Natur und die Wirkungsart der Düngungsmittel;* Ann. de Chim. XI. p. 278—308; Crell Annalen 1795. II. 227—245.

[9]) R. Kirwan: *Welches sind die Düngerarten, die für die verschiedenen Arten der Aecker am zuträglichsten sind; und welches sind die Ursachen ihres wohlthätigen Einflusses in jedem besondern Falle?* Crell 1796. I. 63—71, 139—145, 221—239, 367—373, 459—480 und 553—570.

[10]) Lavoisier: *Resultat einiger Versuche in der Landwirthschaft und Bemerkungen über ihr Verhältniss zu der politischen Oekonomie;* Ann. de Chim. t. XV. 297—316; Crell Annalen 1797. II. 247—263. Praktische Versuche über zweckmässiges Düngen und Bearbeitung des Bodens; über den Zustand des Ackerbau's überhaupt.

[11]) Tessier stellte schon im Jahre 1791 Versuche an über den wechselnden Gehalt des Klebers *(Triticin's)* im Weizen (oft von 12 bis 36 Proc. variirend), je nach der verschiedenen Düngerart, welche zu seiner Cultur verwendet worden war. Diese Versuche lassen jedoch keine sichere Folgerung zu, da er versäumte, die verschiedenen Düngerarten in gleichem Zustande der Trockenheit, demnach auch in gleich grossen Wasserverhältnissen anzuwenden. (Hermbstädt a. Anm. 14 a. O. Bd. XLVI. 281.)

[12]) Thaer u. H. Einhof: *Ueber die Hornvieh-Excremente und ihre Fäulniss;* Gehlen Journ. der Chem. III. 276—321. 1804. Ferner: *Chemische Untersuchung zweier Torfarten, besonders in Rücksicht auf Torfdüngung;* a. a. O. III. 400—423. 1804; und andere Abhandlungen.

[13]) Sprengel: *Von den Ursachen der Unfruchtbarkeit mancher Bodenarten, die über dem Muschelkalke ruhen, und den Mitteln, sie ertragsfähiger zu machen;* Erdm. Journ. f. techn. und ökon. Chem. V. 300—327. 1829; und andere Abhandlungen.

Digitized by Google

näheren Bestandtheile der Pflanzen [14]). Aus diesen Versuchen und Analysen geht hervor, dass die verschiedenen Düngerarten auf den vermehrten Ertrag der Fruchtkörner sowohl, als auf die Erzeugung der näheren Gemengtheile derselben einen entschiedenen Einfluss ausüben, dass die Masse dieser näheren Gemengtheile mit der Masse der Fruchtkörner, welche aus einem gegebenen Gewichte

---

[14]) Sigism. Friedr. Hermbstädt: *Versuche und Beobachtungen über die chemische Zergliederung vegetabilisch-organischer Erzeugnisse überhaupt und der Getreidearten insbesondere, mit Rücksicht des Einflusses der Düngungsmittel auf die Bestandtheile der letztern* (Ausz. a. einer d. 22. Juli 1824 in d. Akad. der W. zu Berlin gelesenen Abhandlung); Schweigg. Journ. XLVI. 278—285; und weitere Versuche in Erdmann's Journ. f. techn. und ökonom. Chemie XII. 1—53. 1831. — Die verschiedenen Düngerarten wurden rein und ohne Vermengung mit Streumitteln gesammelt und bei einer Temperatur, welche 70° R. nicht überstieg, ausgetrocknet. Ein sandiger Lehmboden wurde in 10 Beete, jedes von 100 □F. Flächenraum, abgetheilt, sodann im Monat October in jedes einzelne derselben eine gleiche Gewichtsmenge von einer der verschiedenen getrockneten Düngerarten untergegraben; nur das zehnte blieb ganz ohne Düngung. Im Monat März des folgenden Jahres wurden sämmtliche Beete auf's Neue umgegraben und jedes mit 16 Loth Samenkörner von einer und derselben Art Sommerweizen in Reihen besäet. Auf allen Beeten ging der Same gleichförmig auf, von allen konnten die Aehren im August eingeerntet werden; aber sowohl in Länge und Dicke der Halme, als auch in der Ausbildung der Aehren und in der Grösse des Körnerertrags zeigte sich ein merklicher Unterschied; dasselbe war der Fall hinsichtlich der Quantität der verschiedenen chemischen Grundstoffe in jenen 10 Sorten Weizen. Folgendes sind die Resultate dieser Untersuchungen, geordnet nach dem Körnerertrage, welchen die verschiedenen Düngerarten lieferten:

Düngerarten.	Rindsblut.	Menschen-Koth.	Schafmist.	Ziegenmist.	Menschen-Harn.	Pferdemist.	Taubenmist.	Kuhmist.	Pflanzenerde.	Ungedüngt.
Körnerertrag.	vierzehnfältig.	vierzehnfältig.	zwölffach. Ertrag.	zwölffach. Ertrag.	zwölffach. Ertrag.	zehnfach.	neunfach.	siebenfach.	fünfach.	dreifach.
Natürl. Feuchtigkeit	215	217	214	215	250	217	215	211	211	210
Hülsensubstanz	695	700	698	714	712	700	700	697	702	700
Kleber (Triticin)	1712	1697	1645	1644	1755	684	610	598	480	460
Amylon	2065	2072	2140	2121	1996	3082	3159	3117	3297	3333
Getreideöl	45	55	54	45	54	50	46	52	49	50
Eiweiss	53	65	65	66	70	56	48	50	40	36
Schleimzucker	94	80	75	78	74	84	98	99	99	96
Gummi	92	80	78	78	80	86	96	95	95	94
Saurer phosphors. Kalk	26	30	36	35	40	38	25	25	24	18
Verlust	3	4	4	4	5	3	3	4	3	3
Chem. Zusammensetz. in 5000 Th.	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000

Digitized by Google

Aussaat producirt worden sind, und endlich dass die elementaren Bestandtheile der Düngerarten mit den elementaren Bestandtheilen der producirten Fruchtkörner, sowie mit denen ihrer

---

In Bezug auf die Production von Amylon und Kleber ordnen sich die verschiedenen Düngerarten folgendermaassen:

Düngerarten.	Klebergehalt in absteigender Linie		Düngerarten.	Amylongehalt in aufsteigender Linie	
	in 5000 Theil.	in 100 Theilen.		in 5000 Theil.	in 100 Theilen.
Menschenharn	1755	35,10	Menschenharn	1995	39,30
Rindsblut	1712	34,24	Rindsblut	2065	41,30
Menschenkoth	1697	33,14	Menschenkoth	2072	41,44
Schafmist	1645	32,90	Ziegenmist	2121	42,43
Ziegenmist	1644	32,88	Schafmist	2140	42,80
Pferdemist	648	13,68	Pferdemist	3082	61,64
Taubenmist	610	12,20	Kuhmist	3117	62,34
Kuhmist	598	11,96	Taubenmist	3159	63,18
Pflanzenerde	480	9,60	Pflanzenerde	3297	65,94
Ungedüngt. Bod.	460	9,20	Ungedüngt. Bod.	3333	66,69.

Versuche mit dem Roggen. Es wurde der gemeine Winter-Roggen und zwar der sogenannte Stauden-Roggen zu diesen Versuchen gewählt. Jedes einzelne Beet war mit 25 Pfund derselben wie beim Weizen gebrauchten Düngmittel vorbereitet. Die Beete wurden im Frühjahr umgegraben und der Dünger sogleich untergebracht. Die Aussaat der Körner geschah im darauf folgenden Herbst, im Anfang des Octobers und zwar in Reihen, 5 Zoll tief. Jedes einzelne Beet erhielt 16 Loth Körner. Nach der im folgenden Sommer davon gemachten Ernte ergaben sich folgende Resultate:

Düngerarten.	Rindsblut.	Menschen-Koth.	Schafmist.	Ziegenmist.	Menschen-Harn.	Pferdemist.	Taubenmist.	Kuhmist.	Pflanzenerde.	Ungedüngt.
Körnerertrag.	vierzehnfach.	dreizehnfältig.	dreizehnfältig.	dreizehnfältig.	dreizehnfältig.	eilffach.	neunfach.	neunfach.	sechsfach.	vierfach.
Chem. Zusammensetz. in 5000 Th. Natürl. Feuchtigkeit	504	500	500	501	505	500	500	500	499	500
Hülsensubstanz	520	536	544	544	540	537	525	520	536	505
Kleber (Secalin)	600	598	598	599	600	599	580	540	440	430
Amylon	2612	2620	2616	2612	2510	2560	2610	2715	2756	2814
Oel	50	45	54	49	54	49	48	45	45	45
Eiweiss	180	160	170	172	178	140	185	100	130	129
Schleimzucker	180	178	180	174	160	200	188	196	240	236
Gummi	310	313	304	300	230	230	238	285	260	270
Saure phosphors. Salze	40	45	30	43	209	179	118	91	88	65
Verlust	4	5	4	6	6	6	4	8	6	6
	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000

Versuche mit der Gerste. Zu den Versuchen wurde die gemeine kleinkörnige Sommergerste gewählt. Der Anbau wurde mit denselben

Digitized by Google

einzelnen Gemengtheile in einem bestimmten Verhältnisse stehen.

Düngerarten und auch in gleichen Massen veranstaltet wie bei den vorigen Getreidearten. Die Resultate dieser Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Düngerarten.	Rindsblut.	Menschen-Koth.	Schafmist.	Ziegenmist.	Menschen-Harn.	Pferdemist.	Taubenmist.	Kuhmist.	Pflanzenerde.	Ungedüngt.
Körnerertrag.	sechszehnfach.	dreizehnfach.	sechszehnfach.	fünfzehnfach.	dreizehnfältig.	dreizehnfältig.	zehnfach.	eilfach.	siebenfach.	vierfach.
Chem. Zusammensetz. in 5000 Th. Natürl. Feuchtigkeit	520	518	518	510	518	520	520	540	540	542
Hülsensubstanz	680	679	678	677	679	678	678	680	682	680
Kleber (Hordein)	286	290	288	288	295	285	283	166	146	144
Amylon	2997	2980	2998	2996	2979	2988	2990	3097	3112	3124
Oel	20	25	20	22	20	22	23	15	10	8
Eiweiss	20	28	20	23	28	23	22	10	9	6
Schleimzucker	230	225	232	230	221	230	232	240	248	238
Gummi	220	218	222	226	230	226	226	229	239	249
Saure phosphors. Salze	19	30	18	22	34	22	19	15	6	5
Verlust	8	7	6	6	6	6	7	8	8	4
	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000

Versuche mit dem Hafer. Der Anbau des hier angewendeten gemeinen Hafers *(Avena sativa)* geschah mit denselben Düngerarten, welche bei den früher ernrteten Getreidearten verwendet wurden, und in gleich grossen Gewichtsmassen. Zum Aussäen wurden für jede Fläche von einer Quadrat-Ruthe 20 Loth Haferkörner verwendet.

Düngerarten.	Rindsblut.	Menschen-Koth.	Schafmist.	Ziegenmist.	Menschen-Harn.	Pferdemist.	Taubenmist.	Kuhmist.	Pflanzenerde.	Ungedüngt.
Körnerertrag.	12½fach.	14½fach.	14fach.	15fach.	13fach.	14fach.	12fach.	16fach.	13fach.	5fach.
Chem. Zusammensetz. in 5000 Th. Natürl. Feuchtigkeit	600	605	630	646	650	655	615	585	541	540
Hülsensubstanz	965	962	864	852	850	800	916	755	650	651
Kleber (Avenin)	250	230	200	215	220	200	160	155	100	97
Amylon	2655	2665	2700	2660	2658	2726	2659	2740	2996	2999
Oel	15	18	15	18	22	18	15	14	13	14
Eiweiss	20	22	24	22	25	24	18	16	12	11
Schleimzucker	190	192	260	270	250	260	250	340	319	320
Gummi	275	270	275	285	284	280	342	367	349	350
Saure phosphors. Salze	20	25	23	22	30	28	15	18	10	8
Verlust	10	11	9	10	11	9	10	10	10	10
	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000

Digitized by Google

So zeigt sich, dass zwischen der Menge des Klebers und der des Amylons, in den verschiedenen Weizenernten, ein umgekehrtes Verhältniss stattfinde, und dass das Verhältniss der Düngerarten zum Körnerertrage nicht völlig übereinstimme mit ihrem Verhältnisse zu dem Gehalte der Körner an jenen Grundstoffen. Es nimmt nämlich der Amylongehalt bis auf geringe Abweichungen bei den Düngerarten zu, bei welchen der Klebergehalt abnimmt. Der Kleber aber nähert sich durch seinen Stickstoff- und Phosphorgehalt mehr den animalischen Substanzen, während das Amylon seiner elementaren Zusammensetzung nach den rein vegetabilischen angehört; offenbar sehen wir demnach, dass die verschiedene Production jener Grundstoffe in genauem Zusammenhange stehe mit der elementaren Zusammensetzung der dazu angewandten Düngerarten[15]). Die von Hermbstädt erwiesene Thatsache, dass im Allgemeinen der stickstoffreichste Dünger auch die Erzeugung der grössten Quantität Kleber veranlasse, eine Regel, von welcher jedoch der Tauben- und der Pferdemist eine Ausnahme bilden, ist in neuerer Zeit, hinsichtlich des Weizens, durch die Untersuchungen Boussingault's[16]) bestätigt worden, welcher indess auch die Menge des in den verschiedenen, auf demselben fruchtbaren Boden gebauten Weizensorten enthaltenen Klebers verschieden fand[17].)

„Die Resultate, welche meine Versuche mit Hafer, in den verschiedenen Düngerarten cultivirt, dargeboten haben, stimmen nicht ganz mit denen des Weizens, des Roggens und der Gerste überein; ich habe sie so mitgetheilt, wie sich solche mir dargeboten haben, und muss der Zukunft überlassen, die Ursache von der Differenz zu ermitteln."

[15]) Hermbstädt a. a. O.

[16]) Boussingault (Ann. de Ch. et de Ph. t. I. p. 225. 3e Série); *Landwirthsch.* Th. I. S. 312. Im Jahre 1836 auf freiem Felde und in stark gedüngtem Gartenlande gewachsene und bei 110° getrocknete Weizenkörner wurden zusammengesetzt gefunden:

	Freies Feld.		Gartenland.
Kohlenstoff	46,10	—	45,51
Wasserstoff	5,80	—	5,67
Sauerstoff	43,40	—	43,00
Stickstoff	2,29	—	3,51
Aschenbestandtheile .	2,41	—	2,31
	100,00		100,00.

In dem Weizen vom freien Felde Kleber u. Eiweiss 14,31 Proc.
„ „ „ Gartenlande „ „ 21,94 „

[17]) Boussingault (u. Le Bel) a. a. O. S. 309 u. 10; Journ. f. pr. Chemie XIV. 88—103. „Die genaue Ermittelung der stickstoffhaltigen Substanzen der Körner und ihres Mehles ist ohne Zweifel der wesentlichste Punkt dieser Art von Analysen, denn das Verhältniss, nach welchem sie an der Zusammensetzung eines Körpers Antheil nehmen, bestimmt dessen Werth als Nahrungsmittel. Die vier stickstoffhaltigen Gebilde des Weizenmehls haben fast genau dieselbe Zusammensetzung; ihr mittlerer Gehalt an Stickstoff ist 16 Proc. Hiernach ist es klar, dass, wenn z. B. ein Mehl 4 Proc. Stickstoff enthält, man daraus schliessen muss, dass dieser (Stickstoff) 25 Proc. bei 140° ge-

Digitized by Google

Der *Guano*, ein Vogelmist, der auf einigen Inseln der Küste von Amerika und Afrika in grosser Masse sich vorfindet, ist in neuerer Zeit, namentlich in England, häufig und mit vorzüglichem Erfolge als kräftiges Düngmittel angewendet worden und hat deswegen zu zahlreichen Analysen Veranlassung gegeben [18]), aus denen

---

trocknetem Kleber, Eiweiss, Fibrin und Casein entspricht. Auf diese Weise habe ich den Gehalt an animalisirten Substanzen in dem Mehle einer grossen Anzahl Weizenarten zu bestimmen gesucht. Der analysirte Weizen war in demselben Jahre im *Jardin des plantes* geerntet und daher in gleich gut gedüngtem Boden und unter völlig gleichen meteorologischen Verhältnissen angebaut. Ausser den stickstoffhaltigen Körpern suchte man auch die gegenseitigen Verhältnisse von Kleie und Mehl so genau als möglich festzustellen.

Bezeichnung der Weizenarten.	100 Theile Weizen		100 Theile		Amylum, Zucker, Gummi, Wasser.
	Kleie.	Mehl.	Stickstoff.	Kleber, Eiweiss.	
Weizen von Barel, *T. spelta rufa mutiva*	21,9	78,1	3,85	24,1	75,9
T. monococcum, kleiner Spelt	20,8	79,2	3,97	24,8	75,2
Grosser Spelt	26,9	73,1	3,53	22,1	77,9
Mekkaweizen	32,0	68,0	3,71	23,8	76,2
Bartweizen mit violett. Hülle	13,2	86,8	3,63	22,7	77,3
Winterweizen, *T. hibernum*	38,5	61,5	2,92	18,3	81,7
Gewöhnlicher Weizen	23,5	76,5	3,77	23,5	76,5
Weizen von Revel	14,0	86,0	3,00	18,7	81,3
Rother egyptischer Weizen .	15,0	85,0	3,45	21,6	78,4
Weizen, vierzeilig	15,0	85,0	3,27	20,4	79,6
Rother Weiz. v. Marcel (Paris)	21,5	78,5	3,04	19,0	81,0
Weizen von Danzig	24,0	76,0	3,63	22,7	77,3
„ du Nord	20,5	79,5	3,58	22,4	77,6
„ feiner rother v. Foix	18,5	81,5	3,51	21,9	78,1
„ von Smyrna	19,0	81,0	3,18	19,9	80,1
Bengalischer Weizen	21,5	78,5	2,97	18,6	81,4
Weizen von Tagan rock . .	23,5	76,5	3,86	24,1	75,9
„ von Afrika	24,5	75,5	4,25	26,5	74,5
„ vom Cap	19,0	81,0	2,92	18,2	81,8
„ aus Russland	18,0	82,0	3,53	22,1	77,9
„ aus Sicilien	19,5	80,5	3,89	24,3	75,7
„ von St. Helena . . .	25,0	75,0	3,35	20,9	79,1
„ v. Sübernac u. Pyrenäen	20,5	79,5	3,04	19,0	81,0
Feiner rother W. v. Roussillon	16,0	84,0	3,61	22,6	77,4.

[18]) Ueber die chemische Zusammensetzung verschiedener Guanosorten finden sich folgende Angaben: Fourcroy und Vauquelin: *Ueber den Guano oder über den natürlichen Dünger der Inseln des Südmeeres an der Küste von Peru;* Ann. de Chim. LVII. 258—268; Gehlen Journ. f. Chem. VI. 679—691. — Klaproth in seinen *Beiträgen* Bd. IV. S. 301. — Völckel: *Ueber die Zusammensetzung des Guano;* Liebig Annalen XXXVII. 285—292. — Bertels: *chemische Zusammensetzung des Guano;* J. f. pr. Ch. XXVIII. 5—16. — Fritzsche: *Ueber eine vorzügliche Sorte Guano* (Bullet. de St. Pétersb. t. L. No. 6); J. f. pr. Ch. XXVIII. 210—216. — Gi-

Digitized by Google

man ersieht, dass er aus Substanzen zusammengesetzt ist, welche gerade das Wachsthum der Pflanzen in hohem Grade befördern, einentheils aus sehr stickstoffreichen Körpern und anderntheils aus

---

rardin und Bidard: *Notizen über den Guano;* Ann. de Ch. et de Ph. III. Sér. X. 113—115. 1844; Journ. f. pr. Ch. XXXII. 113—115. — Boussingault und Payen: *Bemerkungen über die Analyse der Herren Girardin und Bidard;* Ann. de Ch. et de Ph. III. Sér. X. 237—238; Journ. f. pr. Ch. XXXII. 115—116. — Payen: *Notiz über den Guano;* Journ. de Chim. méd. XX. 551—555. 1844. — Teschenmacher: *Untersuchung des afrikanischen Guano* (Lond., Edinb. and Dubl. phil. Mag. and Journ. of Sc. III. Ser. May 1844); Journ. f. pr. Ch. XXXIII. 120—122. — Francis: *Untersuchung des afrikanischen Guano* (Lond., Edinb. and Dubl. Mag. Third Ser. June 1844); Journ. f. pr. Ch. XXXIII. 122—126.

Amerikanischer Guano.

	Klaproth.	Völckel.	Bertels.
Harnsaures Ammoniak	16,0	9,0	3,241
Oxalsaures Ammoniak	—	10,6	13,351
Oxalsaurer Kalk	12,75	7,0	16,360
Phosphorsaures Ammoniak . .	—	6,0	6,450
Phosphorsaurer Ammoniak-Talk .	—	2,6	4,196
Schwefelsaures Kali	—	5,5	4,227
Schwefelsaures Natron	—	3,8	1,119
Salmiak	—	4,2	6,500
Phosphorsaures Natron	—	—	5,291
Kochsalz	0,5	—	0,100
Phosphorsaurer Kalk	10,0	14,3	9,940
Thon und Sand	32,0	4,7	5,800
Thonerde	—	—	0,104
Wachs- u. harzähnliche Materie	—	—	0,600
Unbestimmte organische Materie, wovon ungef. 12 Proc. in Wasser unlöslich; lösliches Eisensalz in kleiner Menge; Wasser . . .	28,75	32,3	22,718
	100,00	100,0	100,000.

Fritzsche untersuchte eine Sorte amerikanischen Guano's und fand, nachdem er die unreineren Massen getrennt hatte, die bedeutende Menge von 37,59 und gar 63 Proc. wasserfreier Harnsäure, also bei weitem mehr als Völckel und Bertels gefunden hatten; nach Fr. bestand der Rückstand nach Abscheidung der Harnsäure grösstentheils aus Thon, welcher sich, wahrscheinlich seines Gehaltes an phosphorsauren Erdsalzen und organischer Materie wegen, ziemlich leicht absetzte; Oxalsäure und Harnstoff konnte er nicht darin entdecken. Fr. hält diese Masse für einen vom Wasser ausgezogenen Vogeldünger und wahrscheinlich unter dessen Einwirkung abgesetzt. — Girardin und Bidard bestimmten in einem peruanischen Guano die Menge der Harnsäure und des Ammoniaks in 100 Theilen:

18,4 trockene Harnsäure; dies giebt 6,13 Stickstoff,
13,0 Ammoniak; dies giebt . . . 10,73 „

Hieraus folgt, dass 100 Theile Guano 16,86 Stickstoff repräsentiren. Das Verhältniss der Harnsäure und des Ammoniaks in dem Guano kann nach dem Grade der Veränderung variiren, eine Veränderung, welche in der Umwandlung eines Theils Harnsäure in kohlensaures Ammoniak besteht, dessen Flüchtigkeit den beständigen Verlust erleichtert.

Digitized by Google

auflöslichen alkalischen Verbindungen und phosphorsauren Salzen, woher also sich die besonders kräftige Wirkung dieses Düngers erklärt, da er alle jene Bestandtheile in reichlichem Maasse ent-

---

Weitere Analysen finden sich in der oben angeführten Notiz von Teschenmacher zusammengestellt:

Dr. Ure. *Peruanischer.*

Stickstoffhaltige organische Substanz, welche harnsaures Ammoniak enthält und bei langsamer Zersetzung 8—17 Proc. Ammoniak liefern kann	50
Wasser	11
Phosphorsaurer Kalk	25
Phosphorsaure Ammoniak-Talkerde, phosphorsaures Ammoniak, oxalsaures Ammoniak, enthaltend 4—5 Proc. Ammoniak	13
Kieselartige Substanz	1
	100.

Dr. Ure. *Afrikanischer.*

Salzige u. organische Substanz, welche 10 Proc. Ammoniak enthält	50
Wasser	21,5
Phosphorsaurer Kalk und Magnesia, auch Kali	26
Kieselerde	1
Schwefelsaures und salzsaures Kali	1,5
	100.

Dr. J. Davy. *Amerikanischer und afrikanischer.*

	Amerik.	Afrik.
Löslich in Wasser; verbrennbare oder flüchtige Stoffe wie oxalsaures Ammoniak, doppelt-phosphorsaures, salzsaures Ammoniak und thierische Stoffe	41,2	40,2
unverbrennbar, unlöslich; hauptsächlich phosphorsaurer Kalk und Magnesia	29	28,2
unverbrennbar, löslich; salzsaures Natron und kohlensaures und schwefelsaures Kali	2,8	6,4
verbrennbar, wenig löslich; hauptsächlich harnsaures Ammoniak	19	—
durch das Trocknen im Dampfbade verjagt; hauptsächlich Wasser und ein wenig kohlensaures Ammoniak	8	25,2
	100	100.

Kein Harnstoff, oder nur sehr wenig; kein oxalsaurer Kalk.

Dr. Ure. *Chilischer.*

Verbrennbare, organische und flüchtige salzige Substanz, welche $2\frac{1}{2}$ Proc. Ammoniak enthielt	22,50
Wasser	24
Kieselerde	0,50
Phosphorsaurer Kalk	53
	100.

Dr. Colquhoun. *Chilischer* (von demselben Stücke).

Harnsaures Ammoniak, ammoniakalische Salze und zersetzte thierische Substanzen	17,4
Phosphorsaure Magnesia und Kalk, oxalsaurer Kalk	48,1
Fixe alkalische Salze	10,8
Steinige Substanzen	1,4
Feuchtigkeit	22,3.

Digitized by Google

hält, welche zur vollkommenen Entwickelung der Pflanze unentbehrlich sind. Ueber den Einfluss des Guanodüngers auf die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen hat Vogel[19]) vor Kur-

---

Teschenmacher. *Afrikanischer.*

Flüchtige ammoniakalische Salze, wie oxalsaures, phosphorsaures und humussaures Ammoniak, und organische thierische Substanzen, welche 5 Proc. Ammoniak enthalten	25
Fixe alkalische Salze, bestehend aus salzsaurem, schwefelsaurem und phosphorsaurem Kali	11
Phosphorsaurer Kalk und phosphorsaure Magnesia	32
Wasser	30
Erdige Stoffe	2
	100.

Er enthält 4 Proc. Humussäure.

Francis fand in dem afrikanischen Guano (von verschiedenen kleinen Inseln in der Nähe von Angra Pequeña an der Westküste Afrika's zwischen dem 26. und 27. Grad südlicher Breite):

Flüchtige Salze, wie oxalsaures Ammoniak, Ammoniumchlorid, kohlensaures Ammoniak und verbrennbare organische Substanz, welche 5,50 Proc. Humussäure, Harnsäure und Extractivstoff und 9,70 Ammoniak enthält	42,59
Wasser	27,13
Phosphorsauren Kalk und phosphorsaure Magnesia	22,39
In Salpetersäure unlösl. Rückstand, welcher aus Sand besteht	0,81
Alkalische Salze, hauptsächlich phosphorsaure, salzsaure und eine geringe Menge schwefelsaure (hauptsächlich Kali) .	7,08
	100,00.

Dieselbe Sorte Guano wurde auch von Dr. Ure untersucht:

Zersetzte brennbare thierische Substanz, welche 3 Theile Harnsäure enthält	37,0
Ammoniak, ist hauptsächlich mit Phosphorsäure verbunden und nur vier Zehntel sind kohlensauer	9,5
Erdige phosphorsaure Salze, über	18,5
Kieselerde	0,5
Fixe alkalische Salze, grösstentheils Kalisalze	6,0
Wasser oder Feuchtigkeit	28,5.

[19]) *Ueber den Einfluss des Guanodüngers auf die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen*, von Dr. A. Vogel jun.; Liebig Ann. XLIX. 98—100. Ein Exemplar von *Fuchsia fulgens* wurde mit Guano gedüngt, ein andres Exemplar zum Vergleiche ungedüngt daneben gestellt. Die mit Guano gedüngte Pflanze entwickelte sich auffallend schnell und hatte schon vollkommen ausgebildete Blüthen, während das andere Exemplar noch gar keine Knospen zeigte. Die Blätter der erstern waren heller grün gefärbt als gewöhnlich. Ueberhaupt zeigte die rasch aufgeschossene Pflanze ein krankhaftes Aussehen. Das erstere Exemplar bezeichnen wir mit (A), das zweite mit (B). 100 Th. (A) wiegen bei 100° C. getrocknet 13,4, enthalten also 86,6 Proc. Wasser, 100 Th. (B) ebenso 19, enthalten also nur 81 Proc. Wasser. 100 Th. der getrockneten (A) Pflanzen hinterliessen nach der Verbrennung 6,2 einer weissen, lockern Asche, 100 Th. (B) dagegen 7,5 Proc. Die Ache (A) enthielt 41,5 Proc. in Wasser löslicher Bestandtheile, die (B) dagegen 22 Proc. Diese in Wasser löslichen Salze bestehen in beiden Aschen vorzüglich aus kohlensauren Alkalien mit Beimengung von Chlornatrium und schwefelsaurem Kali. Der Guano hatte also der Pflanze eine sehr überwiegende Menge löslicher Substanzen zugeführt, wodurch gewiss ihr schnelles, beinahe krankhaftes Wachsthum mitbe-

Digitized by Google

zem einige Notizen mitgetheilt; er fand nämlich, dass die *Fuchsia fulgens*, mit Guano gedüngt, allerdings sich schnell entwickelte und vollkommene Blüthen trieb, aber auch in dieser schnellen Entwickelung ein krankhaftes Wachsthum zeigte, welches er der zu reichlichen Menge löslicher, in dem Guano enthaltener Substanzen und der Gegenwart der grossen Quantität von phosphorsauren Salzen zuschreibt, da gerade diese Pflanze nur wenig der letzteren zu ihrem Gedeihen bedarf. Hinsichtlich der Anwendung des Guano ist sehr zu beachten, dass dessen Zusammensetzung, wie aus den Analysen hervorgeht, vielfachen Variationen unterworfen ist; der afrikanische Guano namentlich muss ganz andern Bedingungen ausgesetzt gewesen sein als der peruanische; denn während dieser zuweilen bis über 60 Proc. Harnsäure enthält, trifft man in jenem kaum Spuren davon, indem er eine vollkommene Zersetzung erlitten hat. Der Stickstoffgehalt, welcher dem Guano einen Theil seines Werthes giebt, variirt ausserordentlich, und Boussingault und Payen[20]) fanden denselben von 4,98 bis 13,95, Girardin und Bidard 16,86 Proc. Man muss also jedenfalls, ehe man den Werth und die Wirksamkeit eines Guanodüngers zu beurtheilen im Stande sein wird, denselben vorher einer chemischen Untersuchung unterwerfen. Um die schnelle Verflüchtigung des Ammoniaks zu verhindern, mengt man den Guano mit Gips oder Holzkohle, welche das Ammoniak absorbiren und allmählig den Pflanzen als Nahrung wieder zuführen.

Man hat ausser den angeführten Düngerarten eine grosse Menge thierischer und vegetabilischer Stoffe als Düngmittel angewendet und namentlich haben Boussingault und Payen[21]) über deren Anwendung und Zusammensetzung werthvolle Mittheilungen gemacht und auch Kuhlmann die mehr oder weniger

---

wirkt wurde. Die Menge der phosphorsauren Salze differirte nur um 0,2 Proc. in beiden Aschen; dagegen enthielt (B) 40,2 Proc. kohlensauren Kalk und 23,7 kohlensaure Magnesia, während (A) nur 25,4 kohlensauren Kalk, aber 27 Proc. kohlensaure Magnesia enthielt. Berücksichtigt man die Zusammensetzung des Guano, so zeigt sich, dass derselbe grösstentheils aus löslichen Salzen besteht; besonders reich ist er an phosphorsauren Salzen; da aber die zum Versuche angewendete Pflanzengattung zu ihrem Gedeihen nur wenig phosphorsaure Salze nöthig hat, so scheint deshalb die Wirkung des Guano keine günstige gewesen zu sein. Das veränderte Wachsthum und Aussehen der mit Guano gedüngten Pflanze rührt daher vorzüglich von den in so verschiedener Menge zugeführten Salzen her, woraus der von Liebig zuerst gezeigte bedeutende Einfluss der unorganischen Bestandtheile auf das Gedeihen der Pflanze hervorgeht.

[20]) Boussingault und Payen; man sehe die oben Anmerk. 3 S. 378 mitgetheilte Tabelle.

[21]) Boussingault und Payen: *Abhandlung über die Düngerarten und deren vergleichenden Werth;* Ann. de Ch. et de Ph. III. Sér. III. 65—108 und VI. 449—464; Journ. f. pr. Ch. XXIX. 90—128 und 128—144.

Digitized by Google

günstige Wirkung einiger derselben auf die Production von Gras geprüft; es gilt von ihnen die allgemeine Bemerkung, dass überhaupt Alles, was der Fäulniss fähig ist und bei derselben Ammoniak [22]) und auflösliche mineralische Salze liefert, mit grösserem oder geringerem Vortheile als Dünger verwendet werden kann, dass jedoch deren Anwendung von localen Umständen und Verhältnissen abhängig ist. Hinsichtlich dieser verschiedenen Umstände und hinsichtlich der Quantität und der Art des Düngers, welche dieser oder jener Culturpflanze besonders zuträglich ist, verweisen wir hier auf die ausführlichen, in den Hand- und Lehrbüchern

---

[22]) Kuhlmann bemerkt zu den unten in Anmerk. 28 mitgetheilten Beobachtungen und Versuchen (in den Ann. de Ch. et de Ph. a. a. O. p. 148 ff.): „Keins der von mir angewendeten *stickstofffreien* Düngmittel hat eine Vergrösserung meiner Ernten zu Wege gebracht. Liegt hiervon die Ursache in ihrer langsameren Zersetzung, oder sind sie überhaupt unfähig, die Vegetation zu beleben? Diese Frage kann durch meine bisherigen Versuche noch nicht ihre Lösung finden; aber schon jetzt lässt sich erkennen, dass die Wirkung sehr eng begränzt sein muss. In allen Fällen wird dieser Einfluss nicht absolut geläugnet werden können; die organischen stickstofffreien Substanzen geben bei ihrer Zersetzung Kohlensäure und Humus *(terreau)*, und wenn ihre Wirkung auch nicht mit derjenigen der stickstoffhaltigen Körper verglichen werden kann, so wird man doch ihren thätigen Nutzen innerhalb gewisser Gränzen in Folge der bei ihrer Zersetzung sich entwickelnden Gase und des kohligen Rückstandes, welchen sie in der Erde hinterlassen, zugestehen müssen. Dieser Rückstand bringt wenigstens dadurch Vortheil, dass er das Erdreich lockerer macht und demselben die Eigenschaft ertheilt, in Folge der entstandenen schwarzen Färbung leichter erwärmt zu werden und die flüchtigen stickstoffhaltigen Stoffe länger zurückzuhalten, sei es durch die gebildete absorbirende Kohle, sei es durch die Ulminsäure, welche das Ammoniak sättigt. — Aber kann nicht auf der andern Seite vielleicht die Zersetzung der stickstofffreien organischen Materien, wenn diese in zu grosser Quantität zugegen sind, einen schädlichen Einfluss ausüben? Bei Abwesenheit von Stickstoff liefert die Zersetzung dieser Materien saure Producte, unter deren Einfluss die Vegetation an Kraft abnehmen müsste; dies ist ohne Zweifel der Grund, weswegen der Torf nur vortheilhafte Resultate giebt, wenn er vorher mit Kalk gemischt worden ist. In dem gewöhnlichen Stalldünger, wie er zur Anwendung kommt, sind die gebildeten organischen stickstofffreien Säuren durch Ammoniak, welches von den stickstoffhaltigen Substanzen herrührt, gesättigt. Wir haben gesehen (s. d. Tabelle in Anmerk. 27), dass der Stärkezucker nicht allein keinen Zuwachs der Ernte bewirkt, sondern sogar negative Resultate geliefert hat. Man könnte diese Differenz der Wirkung der durch die Essiggährung gebildeten Säure zuschreiben; aber diese Differenz ist zu gering, als dass wir hierauf bestehen wollten, sie kann auf irgend einem nicht näher beobachteten Umstande beruhen. — Das Oel scheint keine günstigere Wirkung zu besitzen als die übrigen stickstofffreien Substanzen; seine langsame Zersetzung widersetzt sich übrigens auch einer unmittelbaren und energischen Einwirkung. Die Oelkuchen selbst wirken nicht sehr schnell, weil das noch in ihnen enthaltene Oel die Zersetzung der übrigen Bestandtheile verzögert. Viele Landleute Flanderns pflegen deshalb ihre Oelkuchen, bevor sie sie auf die Aecker bringen, durch eine Gährung zu verändern; sie lassen sie gewöhnlich erst in den Behältern der flüssigen Dünger faulen."

Digitized by Google

der praktischen und rationellen Landwirthschaft gegebenen Mittheilungen.

II. Dem Mineralreiche angehörende Düngmittel.

Ueber die Fruchtbarmachung des Bodens durch mineralischen Dünger und namentlich über die Anwendung von *Stickstoffverbindungen* sind in neuerer Zeit Versuche angestellt worden, auf welche wir hier in der Kürze aufmerksam machen wollen. Bouchardat's [23]) Behauptung, dass die Auflösungen des anderthalbkohlensauren, zweifach-kohlensauren, chlorwasserstoffsauren, salpetersauren, schwefelsauren Ammoniaks den Pflanzen nicht allein keinen assimilirbaren Stickstoff liefern, sondern sogar, wenn sie bis zu $\frac{1}{1000}$ von den Wurzeln der Pflanze absorbirt worden sind, alle wie energische Gifte wirken, — veranlasste Kuhlmann, hierüber von Neuem Versuche anzustellen [24]), welche die Unrichtigkeit dieser Behauptung nachwiesen, dagegen mit den Beobachtungen Bous-

---

[23]) Bouchardat; s. die Sitzung der Par. Akad. vom 30. Jan. 1843 (Compt. rend. t. XVI. p. 322).

[24]) *Versuche über die Fruchtbarmachung des Bodens durch Ammoniaksalze, salpetersaure und andere stickstoffhaltige Verbindungen;* von F. Kuhlmann (Compt. rend. XVII. 13. Nov. 1843. p. 1118), J. f. pr. Ch. XXXII. 9—22. „Die von mir angewendeten Düngerarten wurden in Wasser aufgelöst oder aufgerührt, so dass von jeder ein Volumen von 975 Litres oder 325 Hectolitres auf das Hectare kam. Das Ausgiessen auf das zur Production von Heu bestimmte Land fand am 28. März 1843 Statt, zu einer sehr trocknen Zeit; am 30. März fiel ein ziemlich starker Regen, und die Witterung blieb bis zum 5. April regnigt, so dass die Düngerarten sehr gleichmässig sich vertheilt haben müssen. Das Jahr war ziemlich feucht; die Ernte fand am 30. Juni Statt; das Ganze wurde an einem Tage gemäht, und die Witterung war für das Trocknen günstig.

Nro.	Beschaffenheit des angewandten Düngers.	Menge auf 1 Hectare.	Menge des geernteten Heu's ohne Addition d. Düng. auf 1 Hectare.	Menge des dem angewandten Dünger entsprech. Heu's.
		Kil.		
1.	Chlorwasserstoffsaur. Ammoniak	266	4000	1716
2.	Schwefelsaures Ammoniak	266	—	1233
3.	Salpetersaures Natron	133	—	800
4	„ „	266	—	1723
5.	Ammoniakalisches Wasser (a) der Gasfabriken	Litr. 5400	—	2300
6.	Gelatinöse Lösung aus den Fabriken des Beinschwarz (b)	21666	—	2493
7.	Pferdeharn	21666	—	2240
8.	Flamändischer Dünger (c)	21666	—	3433.

Digitized by Google

singault's und Payen's, Liebig's u. A. völlig übereinstimmten. Es ergab sich nämlich, dass die direct als Dünger angewandten

---

a) Das ammoniakalische Wasser der Gasfabrik von Lille, welches zu diesem Versuche gedient hat, zeigte am Aräometer 4 Grade; das Ammoniak wurde vorher in chlorwasserstoffsaures verwandelt durch Vermengung der ammoniakalischen Flüssigkeit mit ihrem doppelten Volumen an saurem Wasser, erhalten beim Ausziehen der Knochen bei der Fabrication des Leimes. Der in dieser Flüssigkeit aufgelöste phosphorsaure Kalk scheint wenig Einfluss auf die Vegetation zu haben, denn ein unter denselben Verhältnissen angestellter Versuch, bei welchem dieselbe Quantität saure Auflösung des phosphorsauren Kalks mit einem geringen Ueberschuss von Kalk versetzt wurde, aber ohne Zusatz von Ammoniak, hat kein besonderes Resultat geliefert. Wenigstens scheint die Einwirkung des phosphorsauren Kalks nur sehr langsam von Statten zu gehen.

b) Die durch Kochen mit Wasser erhaltene Flüssigkeit, welchem ich die Knochen der Küche unterwerfe, um das Fett auszuziehen. Das gelatinöse Wasser, welches nach der Abscheidung der Knochenseife zurückbleibt, enthält 2½ Proc. unreiner und ein wenig veränderter Gelatine.

c) Der flamändische Dünger bestand aus Urin und reinem Menschenkoth. Er war weniger wässerig als der gewöhnlich dem Landmann gelieferte. (Wenige Tage, nachdem die Düngerarten ausgestreut worden waren, konnte man schon ihren Einfluss auf die Vegetation bemerken; die mit Dünger versehenen Strecken zeigten ein weit tieferes Grün. Die Folgen waren besonders bemerkbar für die Nr. 5, 6 und 8. Bei den Nr. 1, 2, 3 und 4 kam das Gras zur vollkommnen Reife; bei den folgenden Nr. und besonders bei 6 und 8 war das Gras weniger reif, aber es musste doch gemäht werden, weil es anfing, am Grunde dünn zu werden, und sich bald verändert haben würde.)

Die vorhergehende Tabelle gestattet, folgende Verhältnisse aufzustellen:

	Stickstoff nach Proc. im Dünger.	Supplementare Menge an Heu, erhalten bei ein. früheren Ernte.	Menge des Heu's für 100 Proc. des in dem Düng. enthaltenen Stickstoffs.	Menge des Heu's, welche 100 Procent Stickstoff enthält, nach Bousingault.
Chlorwasserstoffsaures Ammoniak	26,439	645	24,395	10,000
Schwefelsaures Ammoniak	21,375	463	21,660	—
Salpetersaures Natron . .	16,577	647	40,056	—
Trockne Gallerte in dem Versuche Nro. 6.	16,980	414	24,35	—

Liebig gelangt in seiner *Agriculturchemie*, indem er die Ansicht theilt, dass 1 Kilogramm Regenwasser nur ¼ Decigr. Ammoniak enthält, zu der Annahme, dass ein Morgen Landes (2500 Quadratmeter) jährlich mehr als 40 Kilogr. Ammoniak aufnimmt und folglich 33,8 Kilogr. reinen Stickstoff, eine Quantität, die beträchtlicher ist, als nothwendig wäre, um 1325 Kilogr. Weizen, 1400 Kilogr. Gras und 10,000 Kilogr. Runkelrüben zu bilden. Man wird aus diesem Argumente schliessen können, dass unter allen Umständen die atmosphärische Luft im Stande ist, den Pflanzen die zu ihrer Entwickelung nothwendige Quantität Stickstoff zu liefern. Die hier mitgetheilten Versuche zeigen, dass, wenn

Digitized by Google

Ammoniaksalze wie die gewöhnlichen stickstoffhaltigen Düngerarten wirken, indem die Menge der eingeernteten Producte ziemlich im Verhältnisse stand mit der Menge des Stickstoffs, welche die verschiedenen Salze enthielten. Auch die Wirkung des chlorwasserstoffsauren Ammoniaks fand er in directem Verhältnisse stehend zu der in demselben enthaltenen Stickstoffmenge. Kuhlmann macht ferner noch darauf aufmerksam, dass die Ammoniaksalze nicht allein durch ihren Stickstoffgehalt wirken, sondern auch dadurch, dass sie, in Contact mit der kohlensauren Kalkerde und Magnesia in kohlensaures Ammoniak verwandelt, unter dem Einflusse des Sonnenlichtes und des Wassers die Umänderung der in dem Boden enthaltenen Chloralkalien in kohlensaure Alkalien veranlassen, welche letztere die Fähigkeit haben, von den organischen Säuren gesättigt zu werden, während die Chloralkalien als solche, wenn sie keine Gelegenheit finden, in kohlensaure Salze sich zu verwandeln, bei dem Ernährungsprocesse der Pflanzen eine nur sehr untergeordnete Rolle zu spielen scheinen[25]). Die Beob-

---

diese Menge an Stickstoff wirklich in dem Regenwasser existirt, in welchem er durch die Pflanzen assimilirbar wäre, doch eine supplementare Menge durch die stickstoffhaltigen Düngerarten herbeigeschafft werden muss, um eine üppige Vegetation hervorzubringen. Sie zeigen ferner, dass dieser stickstoffhaltige Dünger nicht allein dadurch Vortheil bringt, dass er seinen Stickstoff den Pflanzen überliefert, sondern auch noch dadurch, dass er der Pflanze die assimilirende Kraft verschafft, die ihr nothwendig ist, um eine grössere Quantität Stickstoff aus der Atmosphäre aufnehmen zu können. (Auf 100 Theile des vom Dünger gelieferten Stickstoffs, welche nach einer Analyse von Boussingault 10000 Kilogr. Heu entsprechen, wurden bei meinen Versuchen 2124 und selbst 40000 Kilogr. Heu gewonnen; es ist also durch die Atmosphäre, ohne Zweifel auch im Zustande von Ammoniak, eine beträchtlichere Quantität Stickstoff als durch den Dünger geliefert worden.) Sie zeigen, dass die assimilirende Kraft der Pflanze wächst mit der Menge Stickstoff, welche man ihr darbietet, und diese Ansicht lässt sich, wie es scheint, nicht allein auf die Assimilation des Stickstoffs anwenden, sondern auch in demselben Grade auf die Assimilation der Alkalisalze, der phosphorsauren Verbindungen und überhaupt aller Mineralsubstanzen, welche unentbehrlich sind für eine gute Vegetation und besonders Fructification. Es existirt also ein Zusammenwirken zweier Agentien, welche, einzeln genommen, nur unvollständige Resultate gewähren können."

[25]) Kuhlmann a. a. O. „Es giebt noch einen andern Gesichtspunkt, von welchem aus man die Wirkung der Ammoniaksalze betrachten muss und welcher noch nicht die Aufmerksamkeit der Chemiker gefesselt zu haben scheint. In einer Abhandlung über die Efflorescenzen der Mauern, im Jahre 1829 (Annalen der Pharmacie, Bd. XXIX; *Abhandlung über die Salpeterbildung*) veröffentlicht, habe ich die Existenz einer gewissen Quantität kohlensauren Kali's oder Natrons in allen Kalkarten und überhaupt in beinahe allen Mineralsubstanzen zu beweisen versucht. Diese Beobachtungen können dazu dienen, die Existenz von Alkalien selbst in den Pflanzen zu rechtfertigen, welche durchaus auf kalkigem Boden wachsen. Nichtsdestoweniger ist es bedenklich, anzunehmen, dass das Kali oder Natron, welches sich in den Pflanzen im Zustande von an eine organische Säure gebundenen

Digitized by Google

achtungen von Schattenmann über die Anwendung verdünnter Auflösungen von Ammoniaksalzen auf Gras-, Weizen-, Gerste- und Haferfelder bestätigen die günstige Einwirkung dieser Verbindungen [26]); das schwefelsaure und das phosphorsaure Ammoniak zeig-

---

Salzen vorfindet, den Pflanzen immer im kohlensauren Zustande oder als lösliches Silikat dargeboten werden sollte; es geschieht dies am öftersten im schwefelsauren Zustande oder als Chloralkali. Niemand wird läugnen, dass z. B. die Meerpflanzen den grössten Theil ihres Natrons als Chlornatrium aufnehmen. Aber auf welche Art sind die Chloralkalien im Stande, ihre Base den organischen Säuren darzubieten? Ich habe allen Grund, zu vermuthen, dass bei dieser Umbildung das kohlensaure Ammoniak, das gewöhnliche Resultat der Zersetzung der stickstoffhaltigen Düngerarten, oder das kohlensaure Ammoniak, das Resultat des Contactes des chlorwasserstoffsauren Ammoniaks und des schwefelsauren Ammoniaks mit der Kreide unter dem Einfluss des Sonnenlichtes, auf das Chlornatrium und das Chlorkalium einwirkt, dieselben in chlorwasserstoffsaures Ammoniak und in kohlensaures Natron und Kali umwandelt, welche die Fähigkeit haben, durch die organischen Säuren gesättigt zu werden *). Diese Zersetzungen können nur unter dem Einflusse von Feuchtigkeit und einer basischen Reaction des Bodens von Statten gehen, und diese letztere Bedingung lässt also die ganze Wichtigkeit begreifen, den Ackerboden beständig durch Hinzufügung von Kalk, Asche u. s. w. im alkalinischen Zustande zu erhalten. Die ammoniakalischen Salze spielen also bei der Aufnahme von alkalischen Nahrungsmitteln durch die Pflanzen dieselbe Rolle, wie ich diesen Salzen bei der Salpetererzeugung zuertheilt habe, wenn es sich darum handelt, die Salpetersäure auf den Kalk und die Magnesia überzutragen. Um mich kurz zu fassen, so glaube ich, dass bei der Vegetation wie bei der Salpetererzeugung das ammoniakalische Salz nicht allein dadurch wirkt, dass es einen Stickstoff an die neue Verbindung abliefert, sei es nun der Salpetersäure oder der stickstoffhaltigen Substanz der Pflanzen, sondern es übt auch dadurch einen Einfluss aus, dass es zugleich das Mittel abgiebt für die Uebertragung oder Zersetzung, sowohl unter dem Einflusse der Sonne als unter dem des Wassers, und auf diese Weise kräftig die Fruchtbarkeit des Bodens befördert, sowohl durch den Stickstoff, welchen es den Pflanzen darbietet, als durch das Kali oder Natron der Chlorverbindungen, welches dasselbe bei der Assimilation durch die Pflanzen dazu bestimmt, mit einer organischen Säure ein Salz zu bilden."

[26]) *Ueber einige Versuche hinsichtlich der Anwendung von flüssigem Dünger und von Ammoniaksalzen zur Unterstützung verschiedener Culturen*, von Schattenmann (Cpt. rend. XVII. 13. Nov. 1843. p. 1128); J. f. pr. Ch. XXXII. 25—31. „Ich habe Auflösungen bereitet: 1) von schwefelsaurem Ammoniak; 2) von chlorwasserstoffsaurem Ammoniak; 3) von phosphorsaurem Ammoniak, von 1 und 2° Gehalt nach Beaumé's Aräometer. Diese Auflösungen, über Gras-, Weizen-, Gerste- und Haferfelder ausgegossen, in dem Verhältniss von 2, 4 und 6 Litern auf das Quadratmeter, haben in einer Zeit von 15 Tagen und selbst früher eine um so kräftigere Vegetation herbeigeführt, als die Auflösung, die man ausgegossen hatte, an Gehalt oder an Menge

*) *Anmerkung* von Boussingault (Cpt. rend. XVII. Nro. 21. 20. Nov. 1843); J. f. pr. Ch. XXXII. 22—24. „Das, was Kuhlmann allen Grund hat zu vermuthen, habe ich versucht zu beweisen durch eine Reihe von directen Versuchen, durch Anstellung von zahlreichen Analysen, deren Resultate ich in der Abhandlung mitgetheilt habe, die in der Sitzung vom 11. Septbr. 1843 in der Akademie von mir gelesen wurde." Vergl. auch Boussingault's *Landwirthschaft*, Theil. II. S. 161 u. 162.

Digitized by Google

ten fast dieselbe Wirkung, während die des chlorwasserstoffsauren Ammoniaks noch stärker zu sein schien. Es ergab sich ferner, dass für jede Pflanze eine bestimmte Stärke der ammoniakalischen Lösung am zweckmässigsten war, indem z. B. der Weizen, zu stark gedüngt, eine grosse Quantität Stroh, aber einen verhältniss-

---

beträchtlicher gewesen war. Ich habe geglaubt, nach mehreren Versuchen, bei einer Auflösung von 1° Stärke und der Menge von 2 Litern auf 1 Quadratmeter stehen bleiben zu müssen, da dies ausreichte, um die Felder und die Grasländer fruchtbar zu machen und um eine üppige Vegetation von einem tiefen Grün zu bewirken. Das schwefelsaure und das phosphorsaure Ammoniak haben beinahe dieselbe Wirkung gezeigt; aber die Wirkung des chlorwasserstoffsauren Ammoniaks schien mir noch stärker zu sein. Ich habe ferner die Wasser aus einer Abtrittgrube angewandt, nachdem sie durch schwefelsaures Eisen oder Schwefelsäure gesättigt waren, und ich erhielt auch so Wirkungen, welche denjenigen der anderen Ammoniaksalze analog waren; man muss diese Flüssigkeit von einer Stärke von 2° anwenden. Aus meinen Versuchen mit Kohl, Spinat, Salat und andern Küchenpflanzen schliesse ich, dass es nothwendig ist, die Auflösung der Ammoniaksalze den Pflanzen beizubringen, wenn diese in voller Vegetation sind, um so mehr, da man sich der Gefahr aussetzen würde, einen grossen Theil der Auflösungen zu verlieren durch den Regen und die Zersetzungen, welche durch Einwirkung der Erdart oder aus andern Ursachen stattfinden könnten, wenn man diese Laugen während der todten Jahreszeit auf den Acker bringen wollte. Ich habe oftmals die Anwendung von ammoniakalischen Lösungen, selbst in beträchtlichen Dosen, bei der Luzerne und dem Klee wiederholt, ohne den geringsten bemerkbaren Effect wahrnehmen zu können. Es ist dies eine wahrhafte, aber die einzige Ausnahme, welche mir bei meinen Versuchen entgegengetreten ist. Die Anwendung von Ammoniaksalzen auf Grasland hat sich mir vortheilhaft erwiesen. Ich habe auf einem hohen und trocknen Felde mit einem leichten Boden, bestehend aus Sand, vermischt mit wenig Thon, welches den 12. Mai mit 2 Litern schwefelsauren Ammoniaks von 1° Stärke auf das Quadratmeter begossen worden war, 89 Kilogr. Heu auf das Are geerntet, während sonst das Are nur 51 Kilogr. lieferte. Ein kleiner Rasenplatz von 6 Quadratmetern wurde mit 24 Litern des neutralisirten Abtrittwassers begossen und lieferte 6 Kilogr. Heu, also 100 Kilogr. auf das Are. Eine Stelle von gleicher Grösse, die sich neben der andern befand und nicht begossen worden war, producirte nur $2\frac{1}{2}$, also 41,6 Kilogr. auf das Are. 40 Aren eines hochgelegenen Feldes, mit einem thonig-kalkigen Boden, wurden am 28. Juli auf das Quadratmeter mit 2 Litern von Wasser aus den Düngergruben, welches mit Chlorcalcium gesättigt war und 2° Stärke hatte, begossen und gaben bei der Ernte, Ende August, 1810 Kilogr. Nachheu, also 45 Kilogr. auf jedes Are; dasselbe Grasfeld gab, nicht begossen, nur 22 Kilogr. auf das Are. Die Ammoniaksalze scheinen auf den Weizen einen merklichern Einfluss auszuüben als auf die Kräuter, denn 8 Tage nach ihrer Anwendung nimmt diese Pflanze eine sehr tiefgrüne Farbe an, ein sicheres Zeichen einer grossen Ueppigkeit der Vegetation. Ich muss glauben, dass die Quantität von 2 Litern von 1° auf das Quadratmeter zu stark ist, weil dieselbe eine zu üppige Vegetation hervorgerufen hat, welche weniger Körner und mehr Stroh als die nicht begossenen Theile des Feldes producirt hat. Meine Erfahrungen, angestellt auf einem in gutem Stande sich befindenden Weizenfelde, in einem Lias-Terrain belegen und aus Thon und Kalk bestehend, haben mir folgende Resultate geliefert:

Digitized by Google

mässig nur geringen Körnerertrag lieferte. Boussingault[27]) zieht aus diesen von Schattenmann ausgeführten Versuchen einen

	Weizen. Kilogr.	Strob. Kilogr.	Im Ganzen. Kilogr.
1 Are, begossen mit 2 Litern chlorwasserstoffsauren Ammoniaks von 1° Stärke auf das Quadratmeter, hat gegeben	28,1	79,4	107,5
4 Aren, begossen mit 4 u. 6 Litern einer Auflösung desselben Salzes von 1°, u. mit 2 u. 4 Litern von 2° auf das Quadratmeter, haben im Mittel auf 1 Are gegeben . . .	21,7	78,3	90
1 Are, begossen mit 2 Litern phosphorsauren Ammoniaks von 1° Stärke auf das Quadratmeter, lieferte	27,4	77,6	105
4 Aren, begossen mit 4 u. 6 Litern phosphorsauren Ammoniaks von 1°, u. mit 2 u. 4 Litern von 2° Stärke auf das Quadratmeter, gaben im Mittel auf 1 Are	24,4	83	107,4
1 Are, begossen mit 2 Litern schwefelsauren Ammoniaks von 1° auf das Quadratmeter, lieferte	29,0	76,0	105
4 Aren, begossen mit 4 u. 6 Litern schwefelsauren Ammoniaks von 1°, und mit 2 u. 4 Litern von 2° auf das Quadratmeter, haben im Mittel auf 1 Are gegeben	22,3	80,2	102,5
1 Are, nicht begossen, lieferte	29,2	70,8	100.

Die Vegetation der mit zu starken oder in zu grosser Quantität angewandten Laugen begossenen Partien war so stark, dass der Weizen sich legte, bevor er Aehren trieb. — Diese Resultate beweisen, dass die Weizen, welche mit Auflösungen von Ammoniaksalzen von 2° oder von 1°, in zu grosser Quantität angewandt, begossen worden sind, die geringste Production von Körnern und von Stroh gezeigt haben, und dass die mit nur 2 Litern von 1° begossenen Partien eine noch zu starke Vegetation gegeben haben, welche in der That mehr Stroh, aber weniger Körner als der nicht begossene Theil desselben Feldes geliefert haben. Man muss hieraus natürlich schliessen, dass eine geringere Dosis von Ammoniaksalzen vortheilhaftere Wirkungen hervorgebracht hätte. Die Vegetation der Gerste und des Hafers, die in einem guten Boden gesäet waren, welchen ich mit einer Auflösung von Ammoniaksalzen übergossen hatte, war so üppig, dass, da ich nicht hoffen konnte, diese Pflanzen zur Reife gelangen zu sehen, ich dieselben grün abmähen lassen musste; aber die Wirkung, welche die Ammoniaksalze auf dieselben ausübten, war augenscheinlich."

[27]) Boussingault: *Landwirthsch.* Th. II. S. 156 u. ff. „Ich halte es für ganz unmöglich, dass Ammoniaksalze mit unorganischen Säuren, die Kohlensäure ausgenommen, wenn sie für sich allein als Dünger angewendet werden, in irgend einer Weise vortheilhaft auf die Pflanzen einwirken; sicher zeigt sich eine solche Einwirkung erst dann, nachdem die Zusammensetzung dieser Ammoniaksalze eine Veränderung erlitten hat. 100 Kilogr. Getreidegarben (Stroh und Körner) enthalten gewöhnlich 800 Grm. Stickstoff und hinterlassen beim Verbrennen 4225 Grm. Asche, in welcher sich 42 Grm. Schwefelsäure und 22 Grm. Chlor finden. Man weiss, dass in den Ammoniaksalzen

100 Theile Stickstoff entsprechen 283 Theilen Schwefelsäure,
100 „ „ „ 257 „ Chlor.

Betrachten wir jetzt das schwefelsaure Ammoniak, welches sich nach den Erfahrungen Schattenmann's beim Getreidebau als ein vortrefflicher Dünger zeigte. Wenn die in den 100 Kilogr. Garben enthaltenen 800 Grm. Stickstoff von dem durch das Getreide fixirten schwefelsauren

Digitized by Google

neuen Beweis für seine schon früher aufgestellte Behauptung, dass die Ammoniaksalze nur eine günstige Wirkung auf das Wachsthum

---

Salze abstammen, so muss man dessen Schwefelsäure in der Asche wiederfinden, und nach dem früher Mitgetheilten müsste diese Asche 2264 Grm. Schwefelsäure enthalten; die Analyse aber zeigt, dass sie nur 42 Grm. enthält. Dasselbe gilt von dem Chlorammonium. Ohne Zweifel verdankten bei den Versuchen Schattenmann's die stickstoffhaltigen Stoffe des Getreides ihren Ursprung nicht allein den absichtlich beigemengten Ammoniaksalzen; auch der Dünger, mit welchem der Boden versehen war, sowie die Atmosphäre mussten ihren Beitrag liefern. Eine genauere Würdigung des nützlichen Einflusses der Ammoniaksalze ergiebt sich, wenn man die erhaltenen Resultate bei den Wiesen erörtert. Hier verdoppelt sich der Ertrag und von 100 Kilogr. des geernteten Heu's kann man 50 Kilogr. der Anwendung des Ammoniaksalzes zuschreiben. 100 Kilogr. Heu, worin 1500 Grm. Stickstoff enthalten sind, hinterlassen 6500 Grm. Asche. Wenn die Hälfte (750 Grm.) des Stickstoff des Futters durch die Ammoniaksalze in die Pflanzen gelangt ist, so müsste deren Asche enthalten:

2142 Grm. Schwefel, wenn man schwefels. Ammon. angewendet hätte,
1928 „ Chlor, „ „ Chlorammonium „ „

Nun aber findet man durch die Analyse in der Asche vom Heu nur 169 Grm. Schwefelsäure und 162 Grm. Chlor. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass die Ammoniaksalze, wenn sie wirklich Stickstoff in die Pflanzen überführen, nicht als Chlorammonium, schwefelsaures oder phosphorsaures Ammoniak eindringen, denn man hat nicht den entferntesten Grund anzunehmen, dass die mit dem Alkali vereinigten Säuren während des Verlaufs der Vegetation fast vollständig abgeschieden werden. Das Ammoniak dieser Salze muss daher nothwendig, um seinen Stickstoff an die Pflanzen abzutreten, in Form eines kohlensauren Salzes in ihre Organe gelangen; diese Vorstellung gewinnt noch mehr an Wahrscheinlichkeit, wenn man erwägt, dass dieses das einzige Ammoniaksalz zu sein scheint, welches unmittelbar und begünstigend auf das Wachsthum der Pflanzen einwirkt. Wenn aber wirklich eine solche Umwandlung stattfindet, wie kommt es nun, dass Ammoniaksalze, wie Chlorammonium, phosphorsaures und schwefelsaures Ammoniak, in ein kohlensaures Salz übergehen, wenn sie mit dem Boden vereinigt werden? Gute Ackererde enthält zwar immer kohlensauren Kalk, aber wir haben keine Gründe anzunehmen, dass der Kalk seine Säure gegen die der Ammoniaksalze austauscht. Dagegen weiss man, dass kohlensaures Ammoniak augenblicklich auf Chlorcalcium und schwefelsauren Kalk einwirkt, und dass die Producte einer solchen Reaction einerseits Chlorammonium und schwefelsaures Ammoniak, andererseits kohlensaure Kalkerde sind. Die von Liebig ausgedachte Theorie über das Gipsen beruht sogar auf dieser doppelten Zersetzung, durch welche das kohlensaure Ammoniak des Regenwassers, auf Kosten des dem Boden zur Verbesserung gegebenen schwefelsauren Kalks, in schwefelsaures Ammoniak verwandelt und auf diese Weise fixirt wird. Diese Einwirkung des schwefelsauren Kalks auf das kohlensaure Ammoniak kann nicht geläugnet werden, dies sehen wir in unsern Laboratorien; auf den Feldern aber, wenn die gut aufgelockerte Erde die einer jeden Cultur nothwendige Feuchtigkeit enthält, wirken zwar auch die Ammoniak- und Kalksalze auf einander, aber hier ist es alsdann der kohlensaure Kalk, welcher das schwefelsaure Ammoniak zerlegt, um schwefelsauren Kalk zu bilden. Dieses Resultat, so sonderbar es auf den ersten Blick auch erscheint, hätte man doch voraussehen können, wenn man sich der Grundsätze erinnert hätte, welche Berthollet in seiner chemischen Statik dargelegt hat. Wenn man zwei Auflösungen von solcher Zu-

Digitized by Google

der Pflanzen ausüben, wenn sie in kohlensaures Ammoniak umgewandelt worden sind, welches stets bei der Gegenwart von kohlensauren Erden und Feuchtigkeit geschieht, so dass die Wirkung des Kalkens und Mergelns nicht allein darin besteht, dass durch dasselbe den Pflanzen der nöthige Kalk zugeführt wird, sondern besonders noch durch den Umstand verstärkt wird, dass der kohlensaure Kalk in Berührung mit dem Dünger, vermöge doppelter Zersetzung, die in demselben enthaltenen nicht assimilirbaren Ammoniaksalze in assimilirbares kohlensaures Ammoniak verwandelt, welches den Stickstoff der organischen Substanz des Düngers und den in den Kalksteinen als Kohlensäure angehäuften Kohlenstoff in die Pflanzen überführt. Wir müssen endlich hier noch einiger, ganz

---

sammensetzung mit einander mischt, dass ein unauflösliches Salz entstehen kann, so bildet sich diese unauflösliche Verbindung und schlägt sich nieder. Dies erfolgt, wenn man eine Auflösung von kohlensaurem Ammoniak zu einer Auflösung von schwefelsaurem Kalke setzt. Mengt man kohlensauren Kalk und schwefelsaures Ammoniak in pulverförmigem Zustande mit einander und befeuchtet genau mit so viel Wasser als nöthig ist, um die gegenseitige Einwirkung herbeizuführen, ohne die entstandenen Producte aufzulösen, so kann sich inmitten einer solchen Mischung eine flüchtige Verbindung bilden; diese bildet sich auch und entweicht und diese ist das kohlensaure Ammoniak. Man kann sich durch einen Versuch von einem solchen Erfolge überzeugen. Wenn man zuvor gewaschene Kreide und krystallisirtes schwefelsaures Ammoniak innig mit einander mengt, so bemerkt man, wenn die beiden Salze gut getrocknet sind, nicht die geringste Einwirkung. Setzt man nun angefeuchteten Sand hinzu, so dass ein Gemenge von der Beschaffenheit einer lockern und hinreichend feuchten Ackererde entsteht, so werden sich augenblicklich Dämpfe von kohlensaurem Ammoniak entwickeln, erkennbar an ihrer Einwirkung auf die Pflanzenfarben und an ihrem Geruche; verdünnt man aber jetzt die Masse, so hört augenblicklich alle Ammoniakentwickelung auf. Das noch nicht verflüchtigte kohlensaure Ammoniak löst sich auf und wirkt auf den schon gebildeten schwefelsauren Kalk, um kohlensauren Kalk und schwefelsaures Ammoniak wieder herzustellen; jede weitere Einwirkung erfolgt nun auf die gewöhnliche Weise. Wird endlich dieses zu wässerige Gemenge der Luft ausgesetzt, so liefert es in dem Maasse, wie das Wasser verdunstet, von Neuem ammoniakalische Dämpfe, und dies dauert so lange fort, bis die Masse vollständig trocken geworden ist. Wenn man ein solches Gemenge beständig angemessen feucht hält, so kann man bei einer Temperatur von 20° bis 26° in zwei bis drei Tagen den grössten Theil des schwefelsauren Ammoniaks verschwinden machen und eine Menge schwefelsauren Kalk entstehen lassen, die dem Fortschritte der Zersetzung entspricht. Es ist fast überflüssig hinzuzufügen, dass der schwefelsaure Kalk, wenn er in einen gleichen Feuchtigkeitszustand, wie der kohlensaure Kalk besass, versetzt wird, seitens des kohlensauren Ammoniaks nicht die geringste Veränderung erleidet. Es ist daher unter dem gewöhnlichen Feuchtigkeitszustande der Ackererde wenigstens zweifelhaft, ob der Gips, welcher sich in dem Boden vorfindet, das Ammoniak des Regenwassers wirklich zurückhält. — Chlorammonium, phosphorsaures und oxalsaures Ammoniak verhalten sich wie schwefelsaures Ammoniak; unter ähnlichen Verhältnissen werden auch sie durch kohlensauren Kalk zerlegt und in analoge Producte umgewandelt."

Digitized by Google

vor Kurzem mitgetheilter [28]) Versuche Kuhlmann's Erwähnung thun, welche den Einfluss der Ammoniaksalze, der salpetersauren Salze, sowie einiger anderer Düngmittel auf die Production von Heu und Grummet betreffen. Er fand durch dieselben die schon oben ausgesprochene Behauptung bestätigt, dass die Wirkung, welche die stickstoffhaltigen Substanzen auf die Vegetation ausüben, proportional sei der in denselben vorhandenen Stickstoffmenge [29]). Kuhlmann hat ferner bei derselben Gelegenheit über die Frage Betrachtungen angestellt, ob, da die Analyse der Aschen das Vorhandensein gewisser anorganischer, namentlich phosphorsaurer Salze in dem grössten Theile der Pflanzen nachgewiesen hat, — man die Atmosphäre als einen Behälter von ammoniakalischen Dünsten anzusehen habe, welcher beständig und unaufhörlich die zur Vegetation unentbehrlichen stickstoffhaltigen Substanzen liefert, und ob mithin es als die eigentliche Hauptaufgabe des Landmannes hinzustellen sei, den Verlust an Mineralsubstanzen, namentlich an phosphorsauren, kieselsauren Salzen u. s. w., welche der Boden jährlich durch Wegnahme der Ernten erleidet, wiederum zu ersetzen. Es ist, nach der Ansicht dieses Chemikers, keinem Zweifel unterworfen, dass der für das Interesse des Augenblickes wie der Zukunft sehr vortheilhaft wirkende Dünger derjenige ist, welcher, indem er der Vegetation eine aussergewöhnliche Kraft verleiht, dem Boden die Mineralsubstanzen zurückgiebt, welche die

---

[28]) *Versuche zur Theorie des Düngers;* Ann. de Ch. et de Ph. III. Sér. XVIII. 138—157. 1846. Die folgende Tabelle enthält die Resultate sämmtlicher, von Kuhlmann im J. 1844 ausgeführter Versuche über den Einfluss verschiedener Düngerarten auf die Production von Heu und Grummet. Die Versuche wurden, ebenso wie die oben mitgetheilten, auf einer Wiese angestellt, welche durch Rinnen in 3 Ares grosse Stücke getheilt war; einzelne Abtheilungen, die nicht gedüngt waren, befanden sich hier und da zwischen den mit Dünger versehenen, um zur Vergleichung zu dienen. Die zu den Versuchen verwendeten Substanzen wurden am 20. April 1844 gleichförmig über das Land ausgegossen; diese Substanzen wurden in 1000 Litres Wasser gelöst, im Fall sie überhaupt löslich waren, die unlöslichen dagegen trocken ausgestreut. Das Oel liess man von heissem Sande absorbiren und der so behandelte Sand wurde ausgestreut. Alle die Landstrecken, welche mit pulverförmigen Substanzen bestreut waren, sowie auch die, welche man ganz ungedüngt gelassen hatte, wurden mit 1000 Litres Wasser übergossen, um alle Abtheilungen, so weit es möglich war, in den Zustand gleicher Feuchtigkeit zu versetzen. Die Zeit während der Vegetation, die das Heu lieferte, war im Allgemeinen trocken. Nach der Ernte, welche Ende Juni stattfand, wurde die Witterung regnigt bis zum 20. September, an welchem Tage die Grummeternte vorgenommen wurde. Nachdem diese Ernten so vollständig, als es in freier Luft und unter dem Einfluss der Sonne möglich war, in den Zustand gleicher Trockenheit versetzt waren, wurde das Gewicht derselben auf das Sorgfältigste bestimmt. — Die in der folgenden Tabelle aufgeführte Menge des in Anwendung gebrachten schwefelsauren Ammoniaks, salpetersauren Natrons und salpetersauren Kalks beträgt 95 Proc. des reinen und trocknen Salzes, die der Knochengallerte 90 Proc. der trocknen Gallerte.

Digitized by Google

Ernten ihm entnommen haben; aber nicht weniger wahr ist es auch, dass der am kräftigsten und unmittelbarsten wirkende Dünger der stickstoffhaltige ist, der ammoniakalische wie der salpeter-

Nro.	Beschaffenheit des angewendeten Düngers.	Menge auf 1 Hectare.	Erhaltene Ernte			Vom Dünger bewirkter Ueberschuss			Stickstoff in 100 Theilen des Düngers.	Ueberschuss der Ernte, bewirkt durch 100 Th. d. im Dünger enthaltenen Stickstoffs.
			an Heu.	an Grummet.	im Ganzen.	an Heu.	an Grummet.	im Ganzen.		
			k	k	k	k	k	k		
1.	Kein Dünger	„	2427	1393	3820	„	„	„	„	„
2.	Ammoniakal. Wasser aus der Gasfabrik, 16666 Litres zu 3 Grad, gesätt. durch d. saur. Auszug der Knochen u. an Ammoniaksalz enthaltend .	333	6533	3373	9906	4106	1980	6086	26,43	6916
3.	Schwefelsaures Ammoniak .	250	3947	1617	5564	1520	224	1744	20,30	3436
4.	Salpetersaures Natron . . .	250	3867	1823	5690	1440	430	1870	15,74	4752
5.	Trockner salpetersaurer Kalk	250	3367	2030	5397	940	637	1577	17,00	3710
6.	Chlorcalcium	250	2417	1413	3830	„	„	„	„	„
7.	Krystallisirtes phosphorsaures Natron	300	2693	1633	4326	266	240	506	„	„
8.	Knochenasche	600	2353	1300	3653	„	„	„	„	„
9.	Knochengallerte	500	4180	2203	6383	1753	810	2563	16,51	3104
10.	Peruanischer Guano	600	4090	2270	6360	1663	877	2540	4,98	8500
11.	„ „	300	3437	1966	5403	1010	573	1583	4,98	10595
12.	Leinölkuchen	800	2647	1773	4420	220	380	600	5,20	1442
13.	Rübsamenöl	600	2393	1000	3393	„	„	„	„	„
14.	„	300	2687	1356	4043	„	„	„	„	„
15.	Stärkmehl	600	2267	1586	3853	„	„	„	„	„
16.	Glucose (abgesetzter Sirup)	600	2333	1114	3447	„	„	„	„	„

Digitized by Google

saure Dünger, welcher nicht allein durch den Stickstoff, den die Pflanze aus ihm assimilirt, Nutzen bringt, sondern auch durch die Mineralsubstanzen eine reichlichere Absorption bewirkt und dadurch der Vegetation Kraft und Ueppigkeit verleiht, vielleicht auch indem er die Auflösung gewisser unlöslicher Salze, welche die Pflanzen sich aneignen, erleichtert [30]). Die Wirksamkeit der Ammoniaksalze

---

[29]) A. a. O. p. 143. „Diese Folgerung kann als vollkommen richtig angesehen werden, wenn es sich um stickstoffhaltige Substanzen handelt, welche keine Mineral-Stoffe einschliessen, und wenn ausserdem die den Pflanzen unentbehrlichen mineralischen Nahrungsmittel in hinlänglicher Menge im Boden zugegen sind; wenn aber die stickstoffhaltigen Substanzen mit fixen Basen verbunden oder gemengt sind, so müssen auch die letzteren in Betracht gezogen werden; und wirklich finden wir dies in der Thatsache bewiesen, dass das salpetersaure Natron einen beinahe ebenso bedeutenden Ueberschuss in der Ernte bewirkt hat als das schwefelsaure Ammoniak, und dennoch enthält es nur 16,57 Proc. Stickstoff, während das schwefelsaure Ammoniak 21,37 Proc. einschliesst. Man könnte diesen Unterschied in der Wirkung einer zu raschen Zersetzung des Ammoniaksalzes in Gegenwart der Kreide, welche einen Theil des Ackerbodens bildet, und folglich der Verflüchtigung einer gewissen Menge von kohlensaurem Ammoniak zuschreiben; aber andere Erfahrungen scheinen die Ansicht zu rechtfertigen, dass der Einfluss des Natrons wirksam genug sei, um die beobachteten Resultate vollkommen zu erklären. — Die verschiedenen Verhältnisse der Feuchtigkeit und Wärme müssen die durch stickstoffhaltige Düngmittel bewirkten Resultate beträchtlich verändern, abgesehen von den Mineral-Substanzen, welche sie enthalten können. Um das Verhältniss ihres Einflusses zu beobachten, genügt es, die Ammoniaksalze unter sich zu vergleichen, wie wir im J. 1843 gethan haben, wo wir sahen, dass das chlorwasserstoffsaure Ammoniak und das schwefelsaure Ammoniak, unter denselben äusseren Umständen, eine der Menge des in beiden Salzen enthaltenen Stickstoffs proportionale Ernte geben. Es ist zu bemerken, dass die Versuche auf einem durchaus analogen Ackerstücke vorgenommen wurden, welche dieselbe Quantität an feuerfesten salzigen Stoffen enthalten mussten. — Es ist endlich zu bemerken, dass das Gewicht der Ernten nicht immer in derselben Proportion wie die Menge des Düngers wächst; so haben 300 Kilogramme Guano an Heu und Grummet einen Ueberschuss von 1583 Kilogr. gegeben, während die doppelte Quantität Guano nur einen Ueberschuss von 2540 Kilogr. lieferte; die Ernten von 1845 werden zeigen, ob man in diesem Falle annehmen kann, dass der Dünger nicht völlig erschöpft sei. Wir haben bestätigt gefunden, dass die Zunahme der Ernte für Grummet in einem grösseren Verhältniss stattgefunden hat als für Heu. Man kann also nicht gut annehmen, dass, nach Verlauf einer bestimmten Zeit, die Ernten der Stickstoffmenge proportional bleiben; man muss die Verflüchtigung oder die Auswaschung eines Theils des Düngers durch Regenwasser hierbei in Betracht ziehen. Es ist übrigens nicht zweckmässig, der Vegetation durch Verschwendung an Dünger eine zu grosse Anregung zu geben, weil sonst eine zu üppige und zu schnelle Entwickelung die Pflanze in einen krankhaften Zustand versetzen und namentlich der Fruchtbildung derselben in hohem Grade nachtheilig sind."

[30]) A. a. O. p. 147. „Vergebens wird man durch Anwendung stickstofffreier Mineral-Substanzen sich bemühen, eine Ueppigkeit der Vegetation hervorzubringen, welche derjenigen vergleichbar wäre, die

Digitized by Google

und der salpetersauren Salze auf die üppigere Entwickelung der Pflanzen scheint auch, nachdem man die erste Ernte gewonnen hat, wenigstens in vielen Fällen, freilich in weit geringerem Maasse, noch für die folgenden Ernten desselben und zuweilen auch des nächsten Jahres bemerkbar zu sein, welches jedoch besonders von der grösseren oder geringeren Quantität des in Anwendung gebrachten Düngers abhängig ist [31]).

---

während eines gewissen Zeitraumes und bis zur Erschöpfung der assimilirbaren Mineral-Substanzen die stickstoffhaltigen Düngmittel zu erzeugen im Stande sind. Zur Stütze meiner Ansicht habe ich nur die Parallele zu ziehen zwischen dem Grade der Vegetationskraft, welche (im J. 1844) durch stickstoffhaltige (salpetersaure und ammoniakalische) Salze hervorgebracht wurde, und den bei Anwendung phosphorsaurer Salze erhaltenen Resultaten. Diese letzteren Substanzen haben bei einer Jahresernte kaum bemerkbare Resultate geliefert; der phosphorsaure Kalk der Knochen hat keinen Ueberschuss gegeben, das phosphorsaure Natron nur einen sehr unbedeutenden, welcher selbst zufälligen Umständen zugeschrieben werden könnte; denn die Differenzen sind nicht viel grösser als diejenigen, welche man bei Vergleich der von verschiedenen Abtheilungen, die keinen Dünger erhalten haben, geernteten Producte erhält. Man hat keinen hinlänglich scharfen Beweis, dass das phosphorsaure Natron, für sich allein genommen, einen wirksamen Einfluss ausübte. In dem Augenblicke, wo ich diesen zweiten Bericht über meine agronomischen Versuche veröffentliche, kann ich schon mittheilen, dass die Resultate meiner im J. 1845 angestellten Versuche zeigen, dass, wenn der Einfluss der phosphorsauren Salze und der salzartigen Substanzen überhaupt, welche die Asche der Pflanzen bilden, langsam ist und sich nur schwierig durch die Resultate einer einzigen Ernte beweisen lässt, dieser Einfluss nichtsdestoweniger ein constanter ist. Er unterscheidet sich von dem der stickstoffhaltigen Stoffe dadurch, dass er sich auf eine grössere Anzahl von Jahren vertheilt und die atmosphärischen Verhältnisse denselben mehr beherrschen."

[31]) Kuhlmann a. a. O. p. 153. „Die Antwort auf diese Frage findet man in den in der Tabelle mitgetheilten Versuchen des Jahres 1844: 250 Kilogr. des salpetersauren Natrons haben eine Vergrösserung der Heuernte von 1440 Kilogr. und eine Vermehrung des Grummets von 430 Kilogr. bewirkt; 250 Kilogr. schwefelsaures Ammoniak haben einen Ueberschuss an Heu von 1529 Kilogr. und an Grummet von 224 Kilogr. geliefert. Zur Lösung der Frage, in Betreff der Production des zweiten Jahres, habe ich im J. 1844 das Gras, welches von den Flächen, die zu den im J. 1843 angestellten Versuchen gedient hatten, ohne Zufügung eines neuen Düngers gewonnen wurde, besonders einernten und trocknen lassen. Der Versuch hat mir bewiesen, dass, wenn man eine beträchtliche Quantität des Ammoniaksalzes anwendet, der Einfluss dieses Salzes sich noch in dem folgenden Jahre, aber in einer weit weniger auffallenden Weise, bemerkbar macht. Der Einfluss der Gallertlösungen scheint im Allgemeinen von grösserer Dauer zu sein; ein Hectare der Wiesen, welches im Frühling des J. 1843 mit 21660 Litres einer Gallertlösung, die $2\frac{1}{2}$ Proc. Gallerte enthielt, gedüngt worden war, lieferte, nachdem diese im J. 1843 eine Vergrösserung der Heuernte von 2480 Kilogr. bewirkt hatte, im J. 1844 noch einen Ueberschuss von 540 Kilogr. Der Pferdeurin, das salpetersaure Natron und die Ammoniaksalze haben, im zweiten Jahre, keine merklich von den auf ungedüngten Flächen erhaltenen verschiedene Resultate geliefert. Es überschreitet also der Einfluss der stickstoffhaltigen Salze, sowohl was

Digitized by Google

Der *Gips* scheint als Verbesserungsmittel des Ackerbodens schon den Alten bekannt gewesen zu sein; erst gegen Ende des vorigen Jahrhunderts und in dem Verlaufe des jetzigen wurde der Nutzen der Anwendung desselben bei verschiedenen Culturen allgemein anerkannt. Besonders vortheilhaft wirkt der Gips auf die künstlichen Wiesen, die also nicht zu feucht sind; ferner haben auch die Versuche über den Einfluss dieses Körpers auf Esparsette, Klee und überhaupt schotentragende Gewächse sich als ausserordentlich günstig herausgestellt. Smith [32]) fand z. B., dass, wenn die Ernte der Esparsette von nicht gegipstem Lande 100 war, die von gegipstem durchschnittlich 230, also mehr wie das Doppelte betrug; ähnlich war auch das Verhältniss der Samen in beiden Fällen: 100 zu 192. Auch bei der Cultur des weissen Klees sah Smith bei Anwendung des Gipses die Ernte von 100 auf 225 sich erhöhen. Aehnliche Versuche mit analogen Resultaten wurden von Villèle [33]) u. A. ausgeführt. Die Wirksamkeit des Gipses erstreckt sich hauptsächlich nur auf die angeführten Pflanzen, und Boussingault [34]) fand, dass er bei der Cultur von Weizen, Hafer, Roggen und Runkelrüben keinen merklichen Einfluss auf die Vergrösserung der Ernte habe. Man hat den Gips sowohl gebrannt als roh angewendet; die Erfahrungen scheinen dafür zu sprechen, dass er in beiden Fällen ungefähr gleiche Wirkung ausübt; Chaptal fand durch vergleichende Versuche, dass der gebrannte Gips allerdings im ersten Jahre eine etwas bessere Wirkung hervorbrachte, aber in den drei darauf folgenden Jahren war kein Unterschied weiter zu bemerken [35]). Einige Landwirthe ziehen sogar den rohen Gips dem gebrannten vor; die Wirkung des letztern muss natürlich dem erstern vollkommen gleich sein, sobald sich derselbe mit Wasser wieder gesättigt hat.

Ueber den auffallend günstigen Einfluss des Gipses auf das Wachsthum mehrerer Pflanzen sind im Laufe der Zeit verschiedene Ansichten aufgestellt worden, von denen wir hier einige näher erörtern wollen. Man hat früher diese Wirkung durch eine einfache Anziehung und starkes Zurückhalten des Wassers durch den

---

die Säure als was die Base betrifft, wenn man sie in der hier angegebenen Quantität, nämlich ungefähr 250 Kilogr. auf ein Hectare, anwendet, nicht merklich die Dauer eines Jahres, in welchem zwei Grasernten, und zwar, in Wahrheit, sehr beträchtliche Ernten gewonnen wurden."

[32]) Smith (Ann. de l'Agriculture française, t. IV. p. 68. I. Série), Boussingault *Landwirthsch.* Theil II. S. 138 u. ff. Das Erdreich, auf welchem Smith seine Culturen unternahm, war locker und hatte Kreideuntergrund; die Dicke der Pflanzenerde betrug an der Spitze des Stücks 3 Meter und nahm allmählig ab, so dass sie am andern Ende nicht mehr war als 8 Centimeter. Alle Anordnungen waren so getroffen, dass jede versuchsweise angebaute Oberfläche Landes sich unter möglichst gleichen Bedingungen befand. Folgendes sind die Einzelheiten der Beobachtungen:

Digitized by Google

Gips zu erklären gesucht, welche Ansicht jedoch schon dadurch ihre Widerlegung findet, dass der Gips sein chemisch gebundenes Wasser erst bei hoher Temperatur verliert und dieses also zur Ernährung der Pflanzen nichts beitragen kann; ausserdem verhält sich der gebrannte Gips, wenn er einmal mit Wasser sich wieder gesättigt hat, durchaus nicht anders wie andere Erden gegen das Wasser, und ferner müsste die günstige Wirkung auch sogleich bei dem ersten Regen aufhören, während man doch gerade bei

---

Esparsette auf einem gegipsten und nicht gegipsten Boden in den Jahren 1792, 1793 und 1794.

Nummern der Versuche.	Bemerkungen.	Heu, trockenes, auf 1 Hectare.	Samen auf 1 Hectare.	Gewicht der ganzen Ernte.	Verhältniss des Heu's zu den Körnern.
		Kil.	Kil.	Kil.	
1.	Ernte in einer nicht gegipsten Pflanzenerde von einem Meter Tiefe, Unterboden von Kreide	3662	457	4119	100 : 12,5
	Ernte von einem angränzenden Boden, welcher im April 1794 5,38 Hectolit. Gips erhalt. hatte	5959	635	6594	100 : 10,7
	Differenz zu Gunsten der Ernte durch Gips	2297	178	2475	
2.	Ernte in derselben Pflanzenerde, nicht gegipst und weniger tief	3018	268	3286	100 : 8,9
	Ernte auf d. angränzenden Boden, welch. im April 1792 5,38 Hectolit. Gips erhalten hatte .	4780	414	5194	100 : 8,7
	Differenz zu Gunsten der Ernte durch Gips	1762	146	1908	
3.	Ernte in derselb. nicht gegipsten Pflanzenerde, von 8 Centimeter Tiefe	2256	72	2328	100 : 3,2
	Ernte auf d. angränzend. Lande, welches den 17. Mai 1794 5,38 Hectolit. Gips erhalten hatte .	5323	230	5553	100 : 4,3
	Differenz zu Gunsten der Ernte vom angränzenden Stücke . .	3067	158	3225	
4.	Ernte auf d. angränzend. Lande, nach dem Versuche Nro. 3 im Mai 1792 in demselben Verhältnisse gegipst	4702	224	4926	100 : 4,8
	Differenz zu Gunsten der Ernte durch Gips, seit 2 Jahren . .	2446	152	2598	

Vergleichende Culturen des gegipsten und nicht gegipsten weissen Klees, von Smith.

Der Gips wurde am 22. Mai aufgebracht; auf das Hectare nahm man 5,38 Hectoliter. Der Klee hatte zu dieser Zeit ein sehr blasses Ansehen und es schien ihm an Kraft zu fehlen. Vierzehn Tage später waren die Wirkungen des Gipses sichtbar, und obgleich während der Zeit kein Regen gefallen war, hatte sich der Klee doch so dicht bebuscht, um gegen die Einwirkung der Sonne geschützt zu sein, welche fast alle nicht gegipsten Theile versengte.

Digitized by Google

einer hinreichenden atmosphärischen Feuchtigkeit ihn den grössten Einfluss ausüben sieht. Andere Theoretiker der Landwirthschaft

Versuche.	Heu auf dem Hectare.	Same auf dem Hectare.	Gesammtgewicht d. Ernte.	Verhältniss des Heu's zum Samen.
	Kil.	Kil.	Kil.	
A. Gegipst	2429	347	2776	100 : 14,3
A. Nicht gegipst .	915	61	976	100 : 6,7
Differenz . .	1514	286	1800	
B. Gegipst	2476	190	2686	100 : 7,6
B. Nicht gegipst .	1545	67	1612	100 : 7,0
Differenz . .	931	123	1074	

[33]) Villèle (Feuille du Cultivateur, t. VIII. p. 9. an VII), Boussingault a. a. O. S. 140. „Die Beobachtungen Villèle's ergänzen und bestätigen gewissermaassen die von Smith; sie wurden im südlichen Frankreich bei Caraman *(Haute-Garonne)* unternommen, und Villèle beobachtete hierbei das am allgemeinsten angewendete Verfahren, wonach die Ernten von Esparsette und Klee vor der Samenbildung gemacht wurden. Die Versuche wurden in ihrer Natur nach ziemlich verschiedenen Bodenarten angestellt, und die Menge des angewendeten Gipses wechselte für eine gleiche Fläche in dem Verhältnisse von 8 : 3. Die Resultate der Versuche waren:

Beschaffenheit des Erdbodens.	Nro. d. Versuche.	Cultur.	Gips auf d. Hect.	Trockne Ernte von 1 Hectare gegipster Wiese.	Trockne Ernte von 1 Hectare nicht gegipster Wiese.	Ueberschuss der Ernte mit Gips üb. die ohne Gips.	Geldwerth d. Futterüberschusses.	Werth des angewendeten Gipses.	Vortheile, erhalt durch Gipsen.
							Fr. C.	Fr. C.	Fr. C.
Leicht, trock., gegen Mittag geleg., 2 bis 3 Decim. Tiefe, auf Kreide ruhend	1.	Esparsette	800	3500	2200	1300	52 —	20 —	32 —
	2.	desgl.	300	4000	2000	2000	80 —	7 50	72 50
	3.	desgl.	600	3300	2100	1200	48 —	15 —	33 —
Streng, thonig, feucht, 5 Decim. Tiefe, auf Thon ruhend	4.	Klee	500	5000	2500	2500	100 —	12 50	87 50
	5.	desgl.	700	4000	2400	1600	64 —	17 50	46 50

[34]) Boussingault a. a. O. S. 145 u. ff. „Die Versuche wurden auf Feldern vorgenommen, welche für jede Cultur eine Oberfläche von etwa 4 Acre darboten, und hierbei alle Vorsichtsmaassregeln getroffen, um die Beobachtungen vergleichbar zu machen. So war das für jede Cultur getrennte Feld in drei neben einander liegende Beete abgetheilt. Das erste Beet A erhielt den Gips immer in dem Verhältnisse von 4 Hectoliter auf das Hectare; das zweite B und das dritte C wurden nicht gegipst. Jedes Beet wurde mit der gleichen Menge Samen bestellt, oder mit einer gleichen Anzahl Pflanzen besteckt. A und C waren die Beete, deren Erzeugnisse mit einander verglichen werden sollten, das zwischenliegende B war ein neutrales Terrain, allein dazu

Digitized by Google

haben die Meinung geäussert, dass der Gips eine fäulnissfördernde Kraft besässe, dass also die in der Ackerkrume vorhandenen organischen Substanzen unter seinem Einflusse leichter in Zersetzung übergingen und so den Pflanzen die zu ihrer Ernährung nöthigen Stoffe in grösserer Menge zugeführt würden; jedoch hat Davy bereits das Unwahrscheinliche dieser Ansicht dargethan, indem er durch directe Versuche bewies, dass die Fäulniss durch Gips eher gehindert als befördert werde [36]). Davy findet die Wirkung des

---

bestimmt, die Berührung der gegipsten Fläche mit der nicht gegipsten zu vermeiden. 1842 wurde die Wirkung des Gipses auf Weizen untersucht; der Gips ward am 19. Mai ausgestreut, zu welcher Zeit die Getreidefelder ein schönes Ansehen hatten, und die Ernte vom 21. bis 26. Juli erhalten.

Bezeichnung der Schläge.	Gewicht der auf dieser Fläche geernteten Garben.		
	A. Gegipst.	B. Nicht gegipst.	C. Nicht gegipst.
	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
Weizen auf Kleeschlag . .	145	147	149
„ „ Rübenschlag .	89	80	72
„ „ Kartoffelschlag	107	112	120
Mittel der Resultate	113,7	113,0	113,7.

Da das Jahr 1842 in Folge der anhaltenden Dürre dem Weizen sehr ungünstig gewesen war, so mussten die Versuche wiederholt werden. Dies geschah im Jahre 1843, und man muss gestehen, dass man selten Gelegenheit finden wird, unter meteorologischen Verhältnissen Versuche anzustellen, die dem Anbau von Halmfrüchten so günstig sind. Die Resultate beziehen sich auf eine Oberfläche von 3 Acre; die gegipsten Beete hatten 33 Kilogr. Gips erhalten.

Jahrgang 1843.	Garben.	Körner.	Stroh, Spreu und Abfall.
	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
Gegipster Roggen . . .	235	62,6	172,4
Nicht gegipster Roggen	215	57,8	157,2
Gegipster Weizen . . .	210,5	67,2	143,3
Nicht gegipster Weizen	231,7	70,6	161,1
„ „ „	206,2	65,1	141,1
Gegipster Hafer	150	51	99
Nicht gegipster Hafer	167,6	51,5	116,1.

Gipsen von Runkelrübenfeldern im gedüngten ersten Schlage von 1842. Die Pflanzen wurden gesteckt und begossen; der Gips wurde zur Zeit des Häufelns angewendet; die Regen waren häufig und kurze Zeit darauf war der Gips vom Boden aufgenommen. Die Ernte erfolgte am 8. October, 3 Monate nach dem Gipsen. Der auf 2,44 Are gewonnene Ertrag war: im gegipsten Schlage 690 Kilogr., im nicht gegipsten Schlage 650 Kilogr. Wurzeln. Die Wirkung des Gipses war also fast Null, denn der Unterschied zu Gunsten des gegipsten Feldes ist so unbedeutend, dass man ihn billigerweise nicht auf Rechnung des Gipses schreiben kann."

[35]) Chaptal: *Agriculturchemie*, deutsche Ausgabe, T. I. S. 116

[36]) Davy: *Agriculturchemie*, deutsche Ausg., S. 381.

Digitized by Google

Gipses durch eine einfache Aufsaugung desselben durch die Pflanzen der Wiesen u. s. w. erklärt; er fand nämlich in der Asche von Esparsette, Luzerne und Klee sehr bedeutende Quantitäten Gips, und nach seiner Ansicht befindet sich diese Substanz in den Pflanzen „wahrscheinlich im Zustande einer sehr innigen chemischen Verbindung als ein nothwendiger Bestandtheil ihrer Holzfaser;" hieraus liesse sich dann leicht erklären, warum die gipshaltige Torfasche von Berkshire und Wiltshire in so geringer Menge wirkt[37]). Die Erfahrung endlich, dass der Gips nicht allgemein wirksam ist, findet nach Davy darin ihren wahrscheinlichen Grund, dass der meiste angebaute Boden ihn in hinreichender Menge für den Bedarf der Grasarten enthält. Es würde also nach Davy's Ansicht, welche Chaptal[38]) durch scharfsinnige Betrachtungen zu unterstützen suchte, der Gips eine das Wachsthum rei-

[37]) Davy a. a. O. S. 382 u. ff.

[38]) Chaptal a. a. O. S. 117 u. ff.: „Man hat bisher die Vorzüge des Gipsens hinreichend bewährt gefunden und der Landbau ist dadurch mit einer äusserst wichtigen Entdeckung bereichert worden. Diese Thatsache ist allerdings für den Landwirth genügend und sie ist nicht die einzige, bei welcher die Theorie nichts weiter hinzufügen kann. Ich werde jedoch einige Ideen über die Wirkung des Gipsens hinzufügen und ich mache sie um so zuversichtlicher bekannt, als sie mir von Analogien abgeleitet scheinen, die man nicht bezweifeln kann. Es ist bewiesen, dass die Salze, deren Grundlage die Kalkerde und die Alkalien ausmachen, in den Pflanzen in grösster Menge vorkommen. Auch hat uns die Analyse gelehrt, dass diese verschiedenartigen Salze in den verschiedenen Pflanzengattungen und in den verschiedenen Theilen derselben Pflanze nicht in gleichem Verhältnisse vorhanden sind. Auf der andern Seite zeigt uns die tägliche Erfahrung, dass die salzigen Stoffe in verhältnissmässiger Menge den Pflanzen dargeboten werden müssen, wenn sie ihnen zuträglich sein sollen. Bringt man daher eine zu grosse Menge leicht auflöslicher Salze in den Boden, so leiden die Pflanzen Noth und gehen zu Grunde; beraubt man ihn gänzlich aller Salze, so werden sie kränkelnd. Ein wenig Kochsalz mit dem Dünger vermischt oder auf den Boden gebracht, reizt und belebt die Organe der Gewächse und erleichtert die Vegetation, zu viel Salz aber würde verderblich auf sie wirken. — Bedenken wir jetzt, dass die Salze nur insoweit auf die Gewächse wirken können, als sie von Natur in dem Wasser auflöslich sind und von demselben in sie übergeführt werden, so werden wir leicht einsehen, dass schwer auflösliche Salze den Pflanzen am zuträglichsten sein müssen. Da das Wasser von diesen letztern nur eine geringe Menge auf einmal auflösen kann, so führt es allezeit einen gleichen Antheil von ihnen bei sich. Ihre Wirkung ist gleichförmig und beständig und sie währt fort, bis der Boden von ihnen erschöpft ist; sie ist desto länger dauernd, in je reichlicherer Menge sie in der Erde vorhanden sind, und dennoch kommen die Pflanzen nie in Gefahr, mehr davon zu erhalten, als sie bedürfen. Der Grad der Auflöslichkeit im Wasser, welchen der Gips hat, scheint eben diese wünschenswerthe Gleichförmigkeit zu bewirken; 460 Theile Wasser können nur einen von diesem Salze auflösen, darum ist seine Wirkung beständig und gleichförmig, ohne schädlich zu sein; die Thätigkeit der Pflanzenorgane wird durch dasselbe erhöht, ohne dass sie zu heftig gereizt und zerfressen würden; dagegen sättigt sich bei den leicht auflöslichen Salzen das Wasser mit denselben und führt sie im Ueberfluss

Digitized by Google

zende Kraft besitzen und um so günstiger wirken, weil er nicht wie ähnliche Verbindungen, z. B. der phosphorsaure und kohlensaure Kalk, welche erst durch die in dem Wasser des Erdbodens enthaltene Kohlensäure eine geringe Löslichkeit erhalten, so sehr den wechselnden Einflüssen der Atmosphäre unterworfen ist, sondern stets im Stande ist, den schnell und üppig sich entwickelnden Pflanzen das nöthige Salz zu liefern, ohne eine zu grosse Menge auf einmal ihnen zuzuführen, und eben deswegen bei der Cultur des Klees, der Luzerne und überhaupt solcher Gewächse, die ihres schnellen Wachsthums wegen, wenn kein Gips zugegen wäre, nur schwierig die ihnen unentbehrlichen mineralischen Bestandtheile in hinreichender Menge finden würden, besonders mit Vortheil angewendet wird. Die angeführte Ansicht ist von Andern, und wie es scheint mit guten Gründen, bestritten worden; namentlich hat schon Thaer darauf aufmerksam gemacht, dass wahrscheinlich eine Zersetzung vor sich gehe, bei welcher der Schwefel für sich abgeschieden werde und im Momente der Freiwerdung neue Verbindungen eingehe, die eben zur vollständigen Bildung der Pflanze wesentlich seien, so dass also die Begünstigung dieser Bildung überhaupt das Wachsthum der ganzen Pflanze in hohem Grade befördern müsse [39]). Thaer macht

---

In die Gewächse über, wo sie einen äusserst grossen Schaden anrichten."

[39]) Davy a. a. O. S. 384 u. 85, Anmerkung von Thaer: „Die Wirkungsart des Gipses liegt nach allen darüber gemachten Hypothesen noch sehr im Dunkeln. Wir hätten für die Praxis genug und würden auch in der Theorie der Wahrheit nahe kommen, wenn wir nur wüssten, auf welchem Erdreiche und unter welchen Umständen der Gips nicht auf den Klee wirkt. Hierüber habe ich noch keine Betrachtungen machen können, weil er allenthalben, wo ich Gelegenheit hatte, ihn anzuwenden, wirkte, wenn man auch gleich versicherte, dass er hier nicht wirke, und er mir selbst bei dem ersten Versuche nicht zu wirken schien. Ich muss glauben, dass eine gewisse atmosphärische Beschaffenheit, die ich aber nicht einmal zu muthmaassen wage, seiner Wirkung zuweilen entgegenstehe. Im Jahre 1810 stand mein Klee ziemlich gut; aber einige Stellen, die absichtlich ungegipst waren, standen nicht schlechter als die gegipsten. Dies bewog mich in der That, in dieser armseligen Zeit von dem Gipsen abzustehen. Im Jahre 1813 aber gipste ich wieder etwas und die gegipsten Stellen zeichneten sich auf eine bewundernswürdige Weise aus. Ich halte es deshalb noch nicht für so ganz entschieden, dass der Gips auf einigen Boden, wo überhaupt Klee wächst, gar nicht wirke; man hat sich vielleicht durch *einen* Versuch abschrecken lassen. Wäre es aber durch mehrere Versuche entschieden und es fände sich dann, dass ein solcher Boden einen beträchtlichen Antheil von Gips, derjenige aber, wo der Gips vorzüglich wirkt, gar keinen oder höchst wenig enthielte, dann müsste man freilich die Erklärung Davy's (s. oben) gelten lassen. Bis jetzt aber glaube ich das nicht; denn der Gips wird hauptsächlich in den Gegenden häufig und mit grossem Nutzen gebraucht, wo er in der Nachbarschaft gebrochen wird und wo man ihn also in der Ackerkrume am meisten vermuthen kann. Und so ist es mir gar nicht wahrscheinlich, dass der Gips in seiner ganzen Zusammensetzung materiell auf die Pflanzen wirke, sondern dass eine Zersetzung vorgehe, der Schwefel

Digitized by Google

auf die bekannte Thatsache aufmerksam, dass der schwefelsaure Kalk unter dem Einflusse faulender organischer Substanzen zu Schwefelcalcium reducirt werde, und es sei in der That sehr wahrscheinlich, dass diese Verbindung in der Pflanze in der Art zersetzt werde, dass der Schwefel mit andern Stoffen sich zu neuen Gebilden vereinige; man hat auch bis in die neueste Zeit die schon von Thaer ausgesprochene Vermuthung über die Wirkungsart des Gipses gelten lassen, und zwar deswegen, weil man den Hülsenfrüchten allgemein einen viel grösseren Gehalt an Schwefel zuschrieb als den Halmfrüchten. Nach Boussingault[40]) scheint diese Annahme jedoch durch die neueren Aschenanalysen nicht bestätigt zu werden, da diese beweisen, dass der Klee, die Schmink- und Feldbohne nicht viel mehr Schwefel enthalten als der Roggen, der Weizen, der Hafer und die Kartoffel, so dass man nicht bezweifeln kann, dass die Pflanzen den Schwefel, dessen sie bedürfen, auf den mit gewöhnlichen Düngern versehenen Ländern, wie dies beim Anbaue der Halmfrüchte, der Wurzeln und Knollen geschieht, in hinreichender Menge vorfinden.

Man hat ferner noch eine andere Ansicht zur Erklärung der Wirkung des Gipses aufgestellt; wie es scheint, rührt dieselbe von Spatzier[41]) her, der im Jahre 1831 fand, dass der Gips

---

insbesondere mit andern Stoffen in Verbindung trete und in dieser die oft erstaunliche Wirkung hervorbringe. Man will eine gleiche Wirkung vom Schwefel allein bemerkt haben, worüber ich noch keine eignen Versuche angestellt habe."

[40]) Boussingault: *Landwirthsch.* Th. II. S. 153.

[41]) Joh. Spatzier: *Ueber den Gips und dessen Verhalten im Erdboden;* Erdmann's Journ. f. techn. u. ökonom. Chem. Bd. XI. S. 89—98. 1831. „Der Gips oder schwefelsaure Kalk trägt an und für sich nichts zur Vegetation bei, sondern erleidet im Erdboden eine merkwürdige Zersetzung und bildet ein leicht auflösliches Salz, welches das Wachsthum der Pflanzen ausserordentlich befördert und so als Reizmittel dient. Es ist mehr als wahrscheinlich, dass dieses Salz, ehe es von der Pflanzenwurzel aufgenommen wird, eine abermalige Zersetzung erleidet. Der Versuch, den ich über die Zersetzung des Gipses im Erdboden anstellte, war folgender: Ein kleines Gartenbeet wurde mit frischem Pferdemist gedüngt, einige Erbsen und Bohnen hineingesteckt und die Oberfläche ungefähr eine Linie hoch mit fein gepulvertem, ungebranntem Gips bestreut; bei trockner Witterung wurde das Beet sorgfältig mit Wasser begossen. Den 5ten Tag nach der Saat gingen alle Erbsen, den 8ten Tag die Bohnen auf, die ausserordentlich üppig und schnell heranwuchsen. Bevor ich den Versuch anstellte, untersuchte ich die dazu bestimmte Erde und den Gips und beide zeigten nicht die geringste Spur eines kohlensauren Salzes in ihrer Mischung. Als ich aber nach 3 Wochen den Gips von der Erdoberfläche wegnahm und untersuchte, so fand ich, dass der grösste Theil desselben sich in kohlensauren Kalk umgewandelt hatte. Die ganze Erde bis ½ Fuss tief brauste mit Säuren, ein Beweis, dass sie kohlensauren Kalk enthielt. Ich laugte die Erde mit kaltem Wasser aus und filtrirte die Flüssigkeit; sie gab nach dem Verdampfen eine nicht unansehnliche Menge schwefelsauren Ammoniaks. — Da sich bei der Fäulniss der thierischen Substanzen jeder-

Digitized by Google

bei Gegenwart faulender, kohlensaures Ammoniak entwickelnder Substanzen allmählig in kohlensauren Kalk sich verwandle, indem seine Schwefelsäure mit dem Ammoniak sich verbinde und das letztere dadurch fixirt werde, so dass es dann in weit grösserer Menge den Pflanzen zugeführt werden könne, als dies ohne die Gegenwart des Gipses geschehen wäre. Der Gips wirkt also nach dieser Ansicht nicht direct durch seine Bestandtheile auf die Entwickelung der Pflanze, sondern nur indem er das Ammoniak, also einen der wichtigsten Nahrungsstoffe der Pflanzen, in einen weniger flüchtigen Zustand versetzt und somit geeigneter macht, in grösserer Quantität aufgenommen und assimilirt zu werden. Diese Ansicht ist in neuerer Zeit namentlich von Liebig vertreten worden [42]), der bekanntlich die Hauptquelle des kohlensauren Ammoniaks

---

zeit sehr viel reines Ammoniak entwickelt, welches sich mit der ebenfalls entweichenden Kohlensäure verbindet und grösstentheils als kohlensaures Ammoniak entweicht, so wirkt dieses flüchtige Salz, welches sich sonst unnütz in der Atmosphäre zerstreuen würde, zersetzend auf den Gips; indem sich die Schwefelsäure des Gipses mit dem Ammoniak verbindet, tritt die Kohlensäure des Ammoniaks an den Kalk und bildet kohlensauren Kalk, welcher längere Zeit auf der Oberfläche des Bodens liegen bleibt, endlich aber durch Aufnahme von Kohlensäure sauren kohlensauren Kalk bildet, der leicht auflöslich ist und sowie das zuerst entstandene schwefelsaure Ammoniak durch einen Regen in die Tiefe der Erde geführt wird." — „Da wir in den neueren Zeiten kennen gelernt haben, wie wirksam sich alle Ammoniaksalze, vorzüglich das schwefelsaure Ammoniak, im Ackerboden verhalten, so können wir als den wirksamen Bestandtheil des Gipses die Schwefelsäure betrachten. So äussern alle mineralischen Substanzen, die entweder Schwefeleisen, wie z. B. manche Steinkohlen- und Torfarten, besitzen, oder die schon gebildete Schwefelsäure, wie der Pfannenstein, die Steinkohlenasche, Torfasche, Holzasche, die süsse Lauge der Seifensieder und alle Verbindungen der Schwefelsäure mit Alkalien und Erden, dem Eisenoxyd eine gleiche Wirkung in dem Boden, wie der Gips an und für sich hervorbringt." — „Zu grosse Feuchtigkeit verhindert die Fäulniss der organischen Substanzen. Daher zeigt sich in anhaltend nassen kalten Frühjahren der Gips im Ackerboden unwirksam, weil die Beschaffenheit der Atmosphäre der Verwesung hinderlich ist; kein Ammoniakgas wird dann entwickelt und die Zersetzung des Gipses kann nicht erfolgen." — „Je fruchtbarer der Boden ist, d. h. je mehr Ammoniak er entwickelt, desto wirksamer zeigen sich die schwefelsauren Salze insgesammt; denn in einem magern Boden, wo die organischen Substanzen schon zersetzt sind, kann der Gips wenig wirken, weil sich entweder gar kein oder sehr wenig Ammoniakgas entwickelt. In einem sumpfigen Boden, wo sich am meisten Phosphorwasserstoff, Kohlenwasserstoff und kein Ammoniak entwickelt, kann auch der Gips nicht zersetzt werden und keine Wirkung äussern."

[42]) Liebig: *Agriculturchemie*, S. 69 u. ff. „Die so in die Augen fallende Wirkung des Gipses auf die Entwickelung vieler Pflanzengattungen, die gesteigerte Fruchtbarkeit und Ueppigkeit eines Feldes, das mit Gips bestreut ist, sie beruht, zum Theil, auf der Fixirung des Ammoniaks der Atmosphäre, auf der Gewinnung von derjenigen Quantität, die auf nicht gegipstem Boden mit dem Wasser wieder verdunstet wäre." — „Um sich eine bestimmte Vorstellung von der Wirksamkeit

Digitized by Google

in der Atmosphäre findet, aus welcher es durch das Regenwasser dem Boden zugeführt wird, wo es bei Berührung mit Gips als schwefelsaures Ammoniak, das nicht flüchtig ist, fixirt wird, während der Gips sich in kohlensauren Kalk umwandelt. In Betreff dieser Zersetzung können wir hier auf einige schon oben bei der Betrachtung über die düngende Kraft der Ammoniaksalze [43]) mitgetheilte, hauptsächlich von Boussingault herrührende Beobachtungen verweisen. Die von Liebig ausgeführten Berechnungen über die Menge des Ammoniaks, welche aus der Atmosphäre mit Hülfe des Regens und des Gipses in dem Boden allmählig fixirt wird, sind von mehreren Chemikern, namentlich von Mulder [44]) und Boussingault [45]), als unzuverlässig angegriffen und von dem

---

des Gipses in dieser besondern Beziehung zu machen, wird die Bemerkung genügen, dass 100 Pfd. gebrannter Gips so viel Ammoniak in dem Boden fixiren, als 6250 Pfd. reiner Pferdeharn demselben in der Voraussetzung zuführen können, dass der Stickstoff der Hippursäure und der des Harnstoffs in der Form von kohlensaurem Ammoniak ohne den geringsten Verlust von der Pflanze aufgenommen wurden. Wenn wir uns denken, dass von 40 Pfd. auf der Oberfläche eines Ackers ausgestreuten Gipses der zehnte Theil in der Form von schwefelsaurem Ammoniak von den Pflanzen aufgenommen werde, so haben wir damit diesen Pflanzen den Stickstoff von 100 Pfd. Heu oder 50 Pfd. Weizen oder 60 Pfd. Klee hinzugeführt."

[43]) S. 401 Anmerk. 27.

[44]) Vgl. S. 282 Anmerk. 135.

[45]) Boussingault: *Landwirthsch.* Th. II. S. 143 u. ff. „Wir ernten im Mittel 5000 Kilogr. trocknen Klee von einem stark gedüngten Hectare. Gewöhnlich nimmt man an, dass durch das Gipsen die Ernte verdoppelt werde; hieraus würde hervorgehen, dass die Oberfläche eines Hectares, welche keinen Gips erhalten hatte, nur 2500 Kilogr. trocknen Klee liefern würde. Der zur Zeit der Blüthe gehauene und getrocknete Klee enthält ungefähr 2 Proc. Stickstoff. Die 2500 Kilogr. des vermittelst Gipsens gewonnenen Futters würden also 50 Kilogr. enthalten, entsprechend 61 Kilogr. Ammoniak oder 140 Kilogr. kohlensaurem Ammoniak. Dies ist also die Quantität Ammoniak, die der Gips dem Regenwasser, welches auf ein Hectare niederfällt, entziehen muss, um fähig zu werden, für den Mehrertrag der Ernte den nöthigen Stickstoff zu liefern. Im Elsass fallen nach den Beobachtungen Herrenschneider's von der Zeit, wo gegipst wird, d. i. Monat April, bis zur Kleeernte im Juli, 24 Centimeter Wasser auf ein Hectare, also dem Gewichte nach 2,400000 Kilogr. Wenn der Stickstoff des Mehrertrags der Ernte wirklich seinen Ursprung in dem Regen findet, so muss das niedergefallene Wasser ungefähr $\frac{1}{17000}$ seines Gewichts kohlensaures Ammoniak enthalten. Es ist zweifelhaft, ob in dem Regenwasser eine solche Quantität des Ammoniaksalzes vorhanden ist, gleichwohl müsste diese Menge noch bedeutender sein, weil wir angenommen haben, dass alles Wasser in den Boden eindringt; in der Wirklichkeit findet dies aber nicht Statt, und ein grosser Theil des niedergefallenen Regens wird von dem Boden, wenn dieser schon hinreichend feucht ist, nicht mehr aufgenommen und fliesst ab, wenn der Regen längere Zeit, vielleicht Wochen lang, anhält. Es ist übrigens unmöglich, die Menge des Regens, welcher in den Boden eindringt, auch nur annähernd zu bestimmen, und ebenso schwierig ist es, sich nur irgend eine Vorstellung

Digitized by Google

Letztern gegen jene Theorie eingewendet worden, dass es eine ausgemachte Thatsache sei, dass der Gips nur dann eine wirklich günstige Wirkung auf die künstlichen Wiesen ausübe, wenn deren Boden eine angemessene Menge eines organischen stickstoffhaltigen Düngers enthält, während auf einen nur mittelmässig gedüngten Boden der Gips eine sehr geringe und auf einen magern und erschöpften Boden gar keine Wirkung ausübe. Ferner gestatte die nur auf gewisse Culturpflanzen beschränkte Wirkung des Gipses nicht anzunehmen, dass dieses Salz durch die Condensation des Ammoniaks in dem Boden wirke, denn es scheine ganz natürlich, dass diese Verbesserung, wenn sie von dem Hinzutreten des Ammoniaksalzes abhängig wäre, sich allgemein geltend machen müsste.

Die Frage, ob der Gips unmittelbar zur Nahrung der Pflanze beitrage, wie Davy glaubte, veranlasste Boussingault[46]), von

zu machen von der Beziehung, welche zwischen dem von den Pflanzen absorbirten Wasser und dem, welches direct verdunstet, ohne ihre Organe durchlaufen zu haben, besteht. Aber angenommen auch, dass es wirklich das Ammoniak des Regenwassers sei, welches durch Vermittelung des Gipses ein so üppiges Wachsthum des Klees, der Luzerne und Esparsette hervorruft, so bleibt doch noch zu erklären, weshalb, da die meteorologischen Verhältnisse dieselben bleiben, nicht gleiche oder wenigstens entsprechende Erfolge bei natürlichen, mit Gräsern bedeckten Wiesen, bei Hackfrüchten und dem Getreide zum Vorschein kommen."

[46]) Boussingault a. a. O. S. 148 u. ff.

Bestandtheile der Asche.	Ausgezeichnete Ernte von 1841.		Weniger günstige Ernte von 1842.	
	Aschen von Klee.		Aschen von Klee.	
	Nicht gegipst.	Gegipst.	Nicht gegipst.	Gegipst.
Kohlensäure	14,2	22,1	21,5	26,8
Chlor	3,4	2,9	2,5	2,2
Phosphorsäure	8,0	6,9	5,4	5,8
Schwefelsäure	3,2	2,6	2,4	2,3
Kalk	23,7	22,4	25,4	26,7
Talkerde	6,3	5,1	5,6	7,4
Eisenox., Manganox., Thonerde	1,0	0,6	0,5	Spuren
Kali	19,6	27,8	22,5	25,3
Natron	1,0	0,7	2,2	0,2
Kieselerde	16,8	7,9	10,0	2,7
Verlust und Kohle	2,8	1,0	2,0	0,6
Nach Abzug der Kohlensäure, der Kohle und des Verlustes:				
Chlor	4,1	3,8	3,3	3,0
Phosphorsäure	9,7	9,0	7,1	8,2
Schwefelsäure	3,9	3,4	3,1	3,2
Kalk	28,5	29,4	33,2	36,7
Talkerde	7,6	6,7	7,3	10,2
Eisenox., Manganox., Thonerde	1,2	1,0	0,6	Spuren
Kali	23,6	35,4	29,4	34,7
Natron	1,2	0,9	2,9	0,3
Kieselerde	20,2	10,4	13,1	3,7
	100,0	100,0	100,0	100,0.

Digitized by Google

Neuem genaue Aschenanalysen des gegipsten und nicht gegipsten Klees anzustellen. Das Resultat dieser Untersuchung war, dass

---

Wenn man annimmt, was übrigens durch nichts bewiesen wird, dass sich alle Schwefelsäure darin mit Kalkerde verbunden vorfinde, so sieht man, dass die Asche vom Klee vor dem Gipsen 6 Proc., nach dem Gipsen 5,7 Proc. schwefelsaure Kalkerde, also dieselbe Menge enthielt. Diese Analysen können jedoch zur Entscheidung der Frage gar nicht beitragen und sie zeigen nur, dass die Pflanze nicht mehr als eine bestimmte Menge Gips aufnimmt, und dass der Boden, welcher die Pflanzen nährte, schon gipshaltig war. Es müssen hier nothwendig zwei neue Elemente in die Erörterung aufgenommen werden: 1) die Menge der von einem gegebenen Gewichte des geernteten Futters gelieferten Asche; 2) die Menge des von einer bestimmten Oberfläche vor und nach dem Gipsen gewonnenen Ertrags. Zwei gegipste Kleehiebe liefern jährlich durchschnittlich 5000 Kilogr. trocknes Futter vom Hectare. Dieselbe Fläche vor dem Gipsen und in demselben Jahre, wo der Klee unter das Getreide gesäet worden war, gehauen, gab 1100 Kilogr. 100 Theile getrockneter Klee lieferten:

		Asche.	Kohlensäure-freie Asche.	Vom Hectare.
Nicht gegipster Klee,	1841	12,0	10,3	113 Kilogr.
Desgleichen	1842	11,2	8,8	97 „
Gegipster Klee,	1841	7,0	5,4	270 „
Desgleichen	1842	7,7	5,6	280 „

Mineralsubstanzen, in dem auf einem Hectare geernteten Klee enthalten:

	Chlor.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kalk.	Talkerde.	Eisenoxyd, Manganoxyd, Thonerde.	Kali.	Natron.	Kieselerde.	Aschen, frei von Kohlensäure.
Jahrgang 1841.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
Nicht gegipster Schlag	4,6	11,0	4,4	32,2	8,6	1,4	26,7	1,4	22,7	113
Gegipster Schlag	10,3	21,2	9,2	79,4	18,1	2,7	95,6	2,4	28,1	270
Jahrgang 1842.										
Nicht gegipster Schlag	3,0	7,0	3,0	32,2	7,1	0,6	28,6	2,8	12,7	97
Gegipster Schlag	8,4	22,9	9,0	102,8	28,5*)	—	97,2	0,8	10,4**)	280.

Indem man die Menge einer jeden Base und einer jeden Säure der nicht gegipsten Ernte als Einheit annimmt, so erhält man bei den gegipsten Ernten für dieselben Körper folgende Zahlen:

	Chlor.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Kalk.	Talkerde u. Metalloxyde.	Kali u. Natron.	Kieselerde.
1841	2,2	2,2	2,1	2,5	2,1	3,5	1,0
1842	2,8	3,3	3,4	3,1	3,7	3,2	1,0.

*) Die Metalloxyde und die Alaunerde sind mit der Talkerde verbunden.

**) Wahrscheinlich ist bei der Bestimmung der Kieselerde und des Natrons ein kleiner Irrthum begangen. Man muss übrigens berücksichtigen, dass mit der Kieselerde die zufällig von dem Sande herrührende Kieselerde, welche an den verbrannten Pflanzen hängen geblieben war, vereinigt ist.

Digitized by Google

der Gips nicht als solcher von den Pflanzen aufgenommen werden könne, denn es zeigte sich in der Asche des gegipsten Klees eine verhältnissmässig nur geringe Menge von Schwefelsäure; dagegen war eine sehr bedeutende Menge Kalkerde aufgenommen worden, so dass Boussingault sich zu der Annahme berechtigt glaubt, dass die Nützlichkeit des Gipsens darin bestehe, dass der Pflanze dadurch das grosse Verhältniss von Kalk geliefert werde, dessen sie zu ihrer üppigen Entwickelung zu bedürfen scheint, und dass also der Gips wie kohlensaurer Kalk wirke, indem nämlich der schwefelsaure Kalk in Gegenwart von organischen Düngern zersetzt wird und das Resultat dieser Zersetzung kohlensaurer Kalk ist, in einem Zustande höchst feiner Zertheilung, und darum leicht auflöslich in dem kohlensäurehaltigen Wasser, welches den Boden tränkt. Hieraus allein wird nach Boussingault die Abscheidung der Schwefelsäure des Gipses begreiflich; denn wenn der Kalk von der Pflanze wirklich als schwefelsaurer Kalk aufgenommen würde, so müssten die Aschen unendlich viel reicher sein an Schwefelsäure, als wie die Analysen ergeben. Dasselbe müsste auch der Fall sein, wenn, wie Liebig es annimmt, das Ammoniak in der Form eines schwefelsauren Salzes in die Pflanzen überginge [47]). Mit der von Boussingault ausgesprochenen Ansicht

---

Die Kieselerde allein scheint eine Ausnahme zu machen und nur von der jungen Pflanze aufgenommen zu werden. Kali und Kalk sind Basen, welche in einem sehr grossen Verhältnisse an der mineralischen Zusammensetzung der Pflanze Antheil nehmen; auch verdient unsere ganze Aufmerksamkeit die Thatsache, dass der Kalk, welcher von dem Gipsen an von der Pflanze aufgenommen wurde, keineswegs der Schwefelsäure entspricht, welche während derselben Zeit assimilirt wurde. Der Ueberschuss von Säure und Kalk, welchen die Aschen des gegipsten gegen den nicht gegipsten Klee zeigen, ist für:

1841 Schwefelsäure 4,8 Kalkerde 47,2
1842 „ 6,0 „ 70,6.

Wenn man noch annimmt, dass die seit dem Gipsen aufgenommene Schwefelsäure als schwefelsaure Kalkerde hinzugetreten wäre, so findet man:

1841 hat die gegipste Ernte aufgenommen 8,2 Kil. schwefels. Kalk,
1842 „ „ „ „ „ 10,2 „ „ „

[47]) Boussingault a. a. O. S. 152 u. ff.: „Wenn die der Atmosphäre entzogenen 61 Kilogr. Ammoniak in Form eines schwefelsauren Salzes in die Pflanze übergingen, so würden hiermit zugleich 142 Kilogr. Schwefelsäure aufgenommen werden, und diese müssten sich in der Asche der auf einem Hectare gemachten Ernte wieder finden. Nun aber wiegt die Asche, welche 5000 Kilogr. gegipster Klee hinterlassen, 275 Kilogr., in welcher 3½ Proc. Schwefelsäure enthalten sind. Diese Aschenmenge müsste 417 Kilogr. betragen, wenn sich die Säure des schwefelsauren Ammoniaks in der Ernte sollte fixiren können, und die Asche enthielte alsdann c. 36 Proc. Schwefelsäure. — Ehe ich diesen letztern Einwand gegen die angenommenen Theorien machen konnte, musste ich nothwendigerweise untersuchen, ob die Aschen die Gesammtmenge des in der eingeäscherten Pflanze präexistirenden Schwefels in Form eines schwefelsauren Salzes enthalten, denn es wäre nicht unmöglich, dass bei der Temperatur, bei der die Einäscherung stattfand,

Digitized by Google

über die Wirkungsart des Gipses stimmen endlich auch die von Rigaud de l'Isle ausgeführten Untersuchungen überein, aus welchen sich ergab, dass der Gips nur auf solche Bodenarten wirkt, die keine hinreichende Menge Kalk als kohlensauren Kalk enthalten [48]).

Das *Kalken* und *Mergeln* ist eine schon seit den ältesten Zeiten bekannte und vielfältig angewandte Verbesserungsweise des Bodens. Der *kohlensaure Kalk* wird für sich im rohen Zustande, häufiger aber nachdem er gebrannt und wiederum gelöscht worden ist, als Hydrat auf den Acker gebracht. Der Kalk wird als ein wesentlich nothwendiger Bestandtheil eines jeden Bodens angesehen, und wo er fehlt oder nicht in hinreichender Menge vorhanden ist, hat die Erfahrung den ausserordentlich lohnenden Erfolg der Zufuhr einer grösseren oder geringeren Quantität desselben fast allenthalben bestätigt. Der gelöschte Kalk macht den Boden alkalisch und man führt also durch ihn den Pflanzen auf die billigste Weise einen zu ihrer Entwickelung nothwendigen Bestandtheil zu. Er scheint jedoch nur auf solchem Boden mit Vortheil angewendet werden zu können, der reich ist an Humus und dem eine bedeutende Quantität organischen Düngers zugesetzt ist. Fehlt der Humus, so wirkt der gebrannte Kalk meist schädlich, indem seine ätzende Kraft das Wachsthum der Pflanzen hemmt, dagegen die Gegenwart organischer Substanzen ihm Gelegenheit giebt, sich wiederum mit der durch das Brennen verlorenen Kohlensäure zu sättigen, oder auch selbst mit jenen Materien unmittelbare Verbindungen einzugehen, wodurch seine zu stark alkalische Eigenschaft zum grossen Theil wieder aufgehoben wird. Nach Davy [49])

---

die Kieselerde in der Art auf die schwefelsauren Salze eingewirkt hätte, dass ein Theil der Schwefelsäure ausgetrieben worden wäre. Obgleich zu vermuthen war, dass ein solcher Verlauf in Gegenwart eines grossen Ueberschusses von Kali, welches immer in den Aschen von Klee vorhanden ist, nicht stattgefunden hatte, so glaubte ich doch hierüber alle Zweifel beseitigen zu müssen. Nachdem die Menge der von der getrockneten Pflanze zurückgebliebenen Asche, sowie auch die darin enthaltene Schwefelsäure so genau als möglich bestimmt worden war, nahm ich ein bekanntes Gewicht desselben Heu's und verbrannte es mittelst eines Gemenges von chlorsaurem und kohlensaurem Kali in einem Platintiegel und bestimmte hierauf die in dem Producte dieser Verbrennung enthaltene Schwefelsäure. 1000 Theile der Pflanze lieferten unmittelbar 3 Theile Schwefelsäure und durch die Analyse der Asche 2,8 Theile. Folglich bleibt in den alkalischen Aschen aller Schwefel zurück, welcher vorher in der Pflanze vorhanden war."

[48]) Rigaud de l'Isle: *Mémoires de la Société d'Agriculture,* Année 1842.

[49]) Davy: *Agriculturchemie*, S. 367 u. ff. „Wird Kalkerde, entweder frisch gelöscht oder gebrannt, mit irgend einer faserigen, vegetabilischen Substanz vermischt, so findet eine starke Einwirkung zwischen der Kalkerde und der vegetabilischen Substanz Statt, und sie bilden eine Art von Compost, von dem gewöhnlich ein Theil in Wasser auflöslich ist. Durch diese Art von Wirkung macht die Kalkerde Substanzen,

Digitized by Google

besteht die Wirkung des Kalkes darin, dass er die Umwandlung unlöslicher organischer Substanzen in auflösliche Verbindungen veranlasst und dadurch also auf indirecte Weise zur Ernährung der Pflanzen beiträgt, eine Ansicht, der Einhof [50]),

---

welche vorher verhältnissmässig unthätig waren, nährend, und da in allen vegetabilischen Substanzen Kohle und Sauerstoff im Uebermaass vorhanden sind, so wird sie zu gleicher Zeit in kohlensaure Kalkerde verwandelt. — Auf diesem Umstande beruht die Wirkung der Kalkerde bei der Zubereitung des Bodens, um ihn nochmals mit Getreide zu bestellen, die Wirksamkeit derselben, Torfboden fruchtbar und überhaupt alles Land, welches einen Ueberfluss von harten Wurzeln, oder trocknen Fasern, oder unfruchtbarer vegetabilischer Substanz hat, zum Anbau geschickt zu machen. Die Beantwortung der Frage: ob es zuträglich sei, einen Boden mit Kalk zu düngen? hängt von der Menge unfruchtbarer Substanz ab, welche er enthält. Ob Mergel, milde Kalkerde, oder gepulverter Kalkstein anzuwenden sei, dieses bestimmt sich durch die Menge kalkerdiger Substanz, welche sich bereits im Acker befindet. Jeder Boden wird durch milde Kalkerde verbessert, welcher nicht mit Säuren braust, und Sandboden mehr als kleiiger."

[50]) *Einige Bemerkungen über die Dammerde*, von H. Einhof; Gehl. Neues allgem. Journ. VI. S. 373—392. 1806. „Der mit fruchtbarer Dammerde reich angeschwängerte Boden verliert, wenn man ihm nicht von Zeit zu Zeit frischen Dünger zuführt, oft sehr an seiner Fruchtbarkeit, wenn gleich die Quantität der Dammerde in ihm, durch davon gezogene Ernten, nicht sehr vermindert wird, weswegen eine Bedüngung desselben, obgleich er noch reich an organischer Materie ist, nicht überflüssig, sondern vielmehr sehr nothwendig ist. Dieses scheint mir darin zu liegen, dass die Dammerde, je länger sie der Einwirkung der atmosphärischen Luft ausgesetzt ist, um so mehr von ihrem Wasserstoff verliert, und endlich so viel davon einbüsst, dass sich weder neuer Extractivstoff noch Kohlensäure in dem gehörigen Verhältnisse mehr bilden können. Der frische Dünger giebt wahrscheinlich die zu einer schnellern und vortheilhaftern Zersetzung nöthigen Stoffe her und macht dadurch die Dammerde geschickt, die zum Pflanzen-Wachsthum nöthigen Materien den Gewächsen reichen zu können. Der Kalk, sowohl der gebrannte, wie der rohe, bewirken bei andern Ursachen dasselbe, und man kann durch Kalk- und Mergeldüngung einem an Fruchtbarkeit abnehmenden Acker sehr aufhelfen. Die Wirkungen des Kalks und Mergels äussern sich auf eine sehr auffallende Art. Der Boden, dem sie zugeführt werden, nimmt, ohne dass man ihm neuen Dünger liefert, an Fruchtbarkeit ungemein zu und erhält dieselbe um so länger, je grösser die Menge der Dammerde ist, welche er besitzt. Hat er diese nur in geringer Menge, so werden, ohne Düngerzufuhr, zwar die ersten Jahre reichere Ernten geben, allein diese in den folgenden sehr wieder abnehmen, und endlich der Acker eine grössere Unfruchtbarkeit erhalten, wie er sie vorher besass. Ein auf diese Weise erschöpfter Boden ist, selbst durch Düngung, schwer wieder in gute Fruchtbarkeit zu bringen und es gehören Jahre und ein zweckmässiges Wirthschaftssystem dazu, ihm dieselbe wieder zu geben. Dieser Umstand beweist hinlänglich, dass der Kalk, sowie der Mergel, auf die Dammerde des Bodens eine grosse Wirkung äussere, und dass durch diese eine schnellere Zersetzung der Dammerde hervorgebracht werde. Der Mergel behält auf einem in Düngung erhaltenen Boden seine Wirkung, nach Maassgabe der darin befindlichen Menge kohlensauren Kalks, 10 bis 12 Jahre. Nach unsern jetzigen Erfahrungen dürfen wir nicht glauben, dass die Wirkung desselben dadurch aufhöre, dass sein Kalk

Digitized by Google

Chaptal[51]) und viele Andere beigetreten sind und deren Richtigkeit gewiss auch keinem Zweifel unterworfen sein kann, wenn es auch wahrscheinlich ist, dass die günstige Wirkung des gelöschten Kalkes sich nicht allein auf dies indirecte Verhalten beschränkt, sondern auch, indem er mit Kohlensäure sich wiederum verbindet und in fein zertheiltem Zustande in kohlensäurehaltigem Wasser aufgelöst, unmittelbar in die Pflanzen übergeht und von diesen in grösserer oder geringerer Quantität assimilirt wird. Nach Boussingault besteht der grösste Vortheil, welchen der gebrannte Kalk gegen den übrigen Kalkdünger gewährt, darin, dass er durch das Löschen in einen äusserst fein vertheilten Zustand übergeführt werden kann, und diesen Zustand der Zertheilung behält er bei, wenn er durch Liegen an der Luft oder mit der Dammerde vermengt, allmählig vollkommen mit Kohlensäure sich wiederum sät-

---

von den Gewächsen aufgenommen wird. Es ist mir wahrscheinlich, dass dieselbe aufgehoben werde, indem der kohlensaure Kalk nach und nach mit einigen Elementen der Dammerde sich sättigt und nun seine Reaction auf dieselbe verliert. Man wendet selbst auf solchem Boden eine Kalk- und Mergeldüngung mit vielem Vortheil an, der schon in seiner Mischung viel Kalk enthält. Man kann sich hier die Frage aufwerfen: warum der dem Boden zugehörige Kalk nicht, wie der dem Acker zugeführte, wirksam sei? wenn es nicht aus demselben Grunde ist, den ich eben von dem Aufhören der Wirksamkeit des zugeführten angab."

[51]) Chaptal: *Agriculturchemie*, Bd. I. S. 109 u. ff. „Die Anwendung des gebrannten Kalks kann von sehr kräftiger Wirkung sein, so oft man trockenes Holz und die fasrigen Wurzeln oder Stengel von Pflanzen zur Nahrung anderer brauchbar machen will. Zerriebene Kalksteine und Kalk, der seinen kohlensauren Zustand gänzlich wieder angenommen hat, bringen diese Wirkung nicht hervor; man muss den Kalk mit Wasser gelöscht anwenden, mit den fasrigen Stoffen vermischen und so beide einige Zeit hindurch auf einander einwirken lassen, wodurch diejenigen Stoffe auflöslich und für die Nahrung der Pflanzen geeignet gemacht werden, welche in ihrem natürlichen Zustande diese Eigenschaften nicht besitzen. Soll man solche vegetabilische oder thierische Substanzen als Dünger anwenden, die von Natur in Wasser auflöslich sind, so bringt ihre Mischung mit dem Kalke neue Verbindungen hervor, welche ihre Natur gänzlich geändert haben. Die Kalkerde geht beinahe mit allen weichen thierischen oder Pflanzenstoffen, welche sich mit ihr verbinden können, Zusammensetzungen ein, die in Wasser unauflöslich sind; in dieser Hinsicht zerstört sie das Vermögen zu gähren bei den meisten derselben oder vermindert dasselbe merklich. Aber eben diese Zusammensetzungen ändern sich dennoch bei längerer Einwirkung von Luft und Wasser mit der Zeit; die Kalkerde verbindet sich nämlich mit der Kohlensäure und die organischen Stoffe zersetzen sich allmählig und erzeugen neue Producte, welche den Pflanzen zur Nahrung dienen können. Auf diese Art gewährt die Kalkerde zwei wesentliche Vortheile für die Ernährung der Pflanzen; erstens veranlasst sie einige unauflösliche Substanzen, dass sie durch ihre Zersetzung neue in Wasser auflösliche Verbindungen bilden; zweitens verlängert sie die Dauer der Einwirkung und nährenden Kraft der thierischen und Pflanzenstoffe über den Zeitpunkt hinaus, wo sie aufgehört hätte, wenn diese Stoffe nicht mit der Kalkerde verbunden worden wären."

Digitized by Google

tigt. Man beabsichtigt also, nach Boussingault, durch das Kalken einzig und allein, dem Boden den kohlensauren Kalk beizubringen, welcher ihm fehlen möchte und innerhalb gewisser Gränzen unentbehrlich ist, um ergiebige Ernten zu liefern. Der als Aetzkalk in den Boden gebrachte Kalk wird also sehr bald in kohlensauren Kalk übergehen, aber bevor er sich noch mit Kohlensäure gesättigt hat, wird er ohne Zweifel auf die Materien, welche sich mit ihm in Berührung befinden, einwirken, sie zerstören und ihre Zersetzung begünstigen, mit einem Worte, hier dieselbe vortheilhafte Wirkung hervorbringen wie in den Composten; andrerseits aber wird er auf die bereits zersetzten Dünger nachtheilig einwirken [52]).

Die Wirkung des *Mergels* auf die Verbesserung des Bodens muss natürlich derjenigen des Kalkes analog sein, da er eben aus einem Gemenge von kohlensaurem Kalke und Thon besteht, welche Substanzen in sehr verschiedenen Verhältnissen auftreten und zwischen 15 bis 90 Proc. variiren. Zuweilen ist dem Mergel auch Sand (Sandmergel) beigemengt.

Wie allen in der Natur vorkommenden Thonarten stets eine grössere oder geringere Quantität fixer Alkalien beigemengt ist, so findet man auch in allen Mergelarten diese Substanzen als Begleiter des in ihnen enthaltenen Thons, und Krocker, der in neuerer Zeit, auf Veranlassung Liebig's, eine Reihe von Mergelanalysen ausgeführt hat [53]), fand, dass bei verschiedenem Gehalte

---

[52]) Boussingault: *Landwirthsch.* Th. II. S. 109 u. ff.

[53]) *Untersuchung einiger Mergelarten*, v. Dr. E. O. F. Krocker; Ann. d. Ch. u. Pharm. LVII. 373—381. 1846. Nach dem Zweck der Analyse, von den unorganischen Bestandtheilen nur diejenigen Substanzen zu bestimmen, welche schon in einem von den Pflanzen aufnehmbaren Zustand in den Mergeln enthalten waren, und besonders den Gehalt an löslichen Alkalien genau zu ermitteln, war die quantitative Bestimmung nur auf die durch schwache Säuren (Essigsäure) löslichen Verbindungen gerichtet und im Wesentlichen folgende. Die Resultate der Analyse von 7 verschiedenen Mergelsorten findet man in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Nro.	Kohlensaurer Kalk.	Kohlensaure Talkerde.	Kali.	Wasser.	Thon, Sand und Eisenoxyd.	Ammoniak.
I.	12,275	0,975	0,087	2,036	84,525	0,0047
II.	14,111	Spuren	0,082	2,146	82,830	0,0077
III.	18,808	1,228	0,092	2,111	76,827	0,0988
IV.	20,246	3,211	0,091	1,311	74,325	0,0768
V.	25,176	2,223	0,105	1,934	69,570	0,0736
VI.	32,143	1,544	0,101	1,520	64,214	0,0955
VII.	36,066	1,106	0,163	1,555	60,065	0,0579.

Wir wollen hier noch einiger anderer Untersuchungen Krocker's gedenken, welche die Bestimmung des *Ammoniakgehaltes verschiedener Ackererden* betreffen (vgl. Ann. d. Ch. u. Pharm. LVIII. S. 381 ff.). Die zur Untersuchung nöthigen Substanzen wurden einige Zoll, mitunter Fuss tief, von verschiedenen Stellen der Felder entnommen, lufttrocken

Digitized by Google

an kohlensaurer Kalkerde und Thon eine gewisse Beziehung zwischen dem Kalk- und Alkaligehalte des Mergels stattfindet, dass — je kalkreicher der Mergel, unter übrigens gleichen Umständen, sich desto mehr Alkali bereits im aufgeschlossenen Zustande vorfindet, während der Wassergehalt in den lufttrocknen Mergeln natürlich mit dem steigenden Gehalte an Thon zunimmt. Ausserdem enthält jeder Mergel, nach Krocker, Ammoniak in grösserer oder geringerer Menge; indem nämlich der daran reichste Mergel 0,098 Proc. enthielt, also auf 10,000 Pfd. mehr als 9 Pfd., waren in

---

gemacht und sorgfältig mittelst eines feinen Haarsiebes von den etwa anhängenden organischen Substanzen befreit und zur Untersuchung verwandt. Bei allen Ackererden, gleich von welcher Beschaffenheit, sogar bei fast reinem Sande, liess sich das darin befindliche freie oder kohlensaure Ammoniak, welches bei feuchter Erde um so mehr mit den Wasserdämpfen entweichen muss, sehr deutlich durch die Nebel erkennen, welche bei Annähern eines mit Salzsäure befeuchteten Glasstabes sich bildeten. Je thoniger ein Boden, je mehr die Erde noch mit Feuchtigkeit durchdrungen war, um so stärker war diese Reaction. Je trockner die Substanz wurde, je sandiger der Boden war, um so schwächer trat diese Reaction hervor, immer aber liess sich hierdurch deutlich bei allen darauf geprüften Bodenarten Ammoniakentweichung nachweisen. Da das Ammoniak gewiss in sehr verschiedenen Formen in der Ackererde enthalten sein mag, theils verbunden mit Thonerde, oder in Vereinigung mit nicht flüchtigen Säuren, zum Theil in Verbindung mit Kohlensäure etc., so ist es natürlich, dass sich mit dem verdampfenden Wasser des Bodens zu gleicher Zeit Ammoniak verflüchtigt, dass somit hierdurch, namentlich bei feuchtem Boden, die Pflanzen in einer an Ammoniak ziemlich reichen Atmosphäre sich befinden. Der so eigenthümliche Geruch der feuchten Ackererde scheint ein ammoniakalischer zu sein und diesem Umstand zugeschrieben werden zu müssen. Aus den Versuchen ergab sich, wie sehr der Gehalt an Ammoniak durch die Beschaffenheit des Bodens bedingt ist, um wie viel mehr, besonders durch thonigen Boden, im Verhältniss zu sandigem, dasselbe zurückgehalten wird. Auch das specifische Gewicht giebt im Allgemeinen hierin einen Anhaltspunkt, wie es überhaupt möglich ist, mittelst desselben einigermaassen auf die Natur des Bodens schliessen zu können, da es um so kleiner, je grösser der Thon-, Kalk- oder Humusgehalt ist, je weniger Sand sich im Boden befindet. Berechnet man, nur um ein Bild über die in der Ackererde enthaltene Menge von Ammoniak zu geben, mit Zugrundelegung der specifischen Gewichte, wie viel Ammoniak in einer Bodenschicht, nur ein hessischer Fuss $= \frac{1}{4}$ Meter tief zu fester Substanz angenommen, für ein Hectare enthalten ist, so ergeben sich solche Mengen, dass der Einwurf, er sei durch Dünger zugeführt, von selbst fortfällt. Da ein hessischer Morgen $= 2500$ □ Meter und ein Hectare $= 4$ hessischen Morgen $= 10000$ □ Meter, so ist der Cubikinhalt der Bodenschicht eines Hectare, 0,25 Meter tief, fester Substanz $= 2500$ Cubikmeter, welche wiegen 2500000 Kilogramme, multiplicirt mit dem specifischen Gewichte des Bodens. So berechnet sich z. B. der Ammoniakgehalt der Erde No. 8, welche bei einem specifischen Gewichte 2,41 an Ammoniak 0,139 Proc. enthält, zu:

$$\frac{2500000 \times 2{,}41 \times 0{,}139}{100} \times 2 = 16749 \text{ Pfund.}$$

Die Resultate der Analysen, wie dieser Berechnungen, findet man in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Digitized by Google

dem daran ärmsten nur 0,004 Proc. enthalten. Auch Boussingault und Payen haben in manchen Mergelarten einen nicht ganz unbedeutenden Gehalt an Stickstoff gefunden, und nach ihnen ist es möglich, dass eben diese stickstoffhaltigen Substanzen die

Nro.	Untersuchte Substanzen.	Ammoniakgehalt in 100 Theilen lufttrockner Subst.	Specifisches Gewicht.	Ammoniakgehalt einer Bodenschicht fester Subst. 0,25 Meter tief, auf 1 Hectare, in Pfdn.
1.	Thoniger Boden vor der Düngung	0,170	2,39	20314
2.	Thoniger Boden	0,163	2,42	19723
3.	Ackerkrume ein. Bodens v. Hohenheim	0,156	2,40	18720
4.	Untergrund desselben Feldes . . .	0,104	2,41	12532
5.	Thoniger Boden vor der Düngung	0,149	2,41	17953
6.	„ „ „ „ „	0,147	2,41	17713
7.	Zu Gerste bestellter Boden . .	0,143	2,44	17446
8.	Thoniger Boden vor der Düngung	0,139	2,41	16749
9.	Lehmiger Boden	0,135	2,45	16537
10.	„ „	0,133	2,45	16292
11.	Nie gedüngte Erde aus Amerika	0,116	2,18	12644
12.	Sandiger, nie bebauter Boden . .	0,096	2,50	12000
13.	Ausgegrabene lehmige Erde . . .	0,088	2,50	11000
14.	Sandiger, nie bebauter Boden . .	0,056	2,51	7028
15.	Fast reiner Sand	0,031	2,61	4045.

„Der sich auf die Erfahrung stützende wichtige Einfluss, welchen stickstoffhaltiger Dünger auf den Ertrag an stickstoffhaltigen Substanzen in den Ernten ausübt, dessen Wirkung indess hauptsächlich den unorganischen Substanzen zugeschrieben werden muss, scheint in Widerspruch mit diesen Angaben zu stehen, doch muss man die verschiedene Beschaffenheit der Bodenarten, in Bezug auf Ammoniak fixirende Bestandtheile, Lage etc. berücksichtigen, da der Ammoniakgehalt davon abzuhängen scheint. Der Gewinn an Zeit ist in der Agricultur so wichtig, dass auch das Ammoniak des Düngers in gewissen Bodenarten nicht ohne Wirkung sein wird, obgleich die Menge dieses zugeführten Stickstoffs gering ist, in Bezug auf die in manchen Bodenarten schon vorhandene Menge. In gewissen Fällen muss überdies fast aller geernteter Stickstoff aus der Atmosphäre entlehnt werden. Es ist bekannt, dass auf den Wiesen ohne Zufuhr organischer Stoffe, ohne stickstoffhaltigen Dünger, Stickstoff im Heu in grosser Menge geerntet wird. Es werden im Allgemeinen im Elsass, nach Boussingault, für einen Umlauf von 5 Jahren auf das Hectare 49086 Kilogr. feuchter Dünger gebracht. Nach seinen Angaben sind in diesen 203,2 Kilogr. Stickstoff = 246 Kilogr. = 492 Pfund Ammoniak enthalten, welche für jene Zeit vollkommen ausreichen. Wäre der Ammoniakgehalt der Erde No. 8, 16749 Pfd., durch Dünger auf das Hectare gebracht, so wären hierzu 3342038 Pfunde Dünger von jener Zusammensetzung erforderlich, auch bei Annahme eines grösseren Gehaltes von Stickstoff im Dünger. Da in jenen Angaben der Ammoniakgehalt des feuchten Düngers nach Analyse der trocknen Substanz berechnet ist, würden die Zahlen so gross sein, dass man nicht annehmen kann, dass das Ammoniak durch dieses Mittel in den Boden gelangt sein kann."

Digitized by Google

wirklich ausserordentlich günstige Wirkung hervorbringen, welche man bei Anwendung der Mergel mancher Gegenden wahrnimmt [54]).

Die wichtigste physikalische Eigenschaft des Mergels, wenn er als solcher benutzt werden soll, ist seine Fähigkeit, an der Luft zu Pulver zu zerfallen, welches eine Folge der Beschaffenheit seiner Bestandtheile ist; der sehr fein zertheilte Kalk nämlich, welcher dem Thon seine Bindekraft raubt, bildet mit Wasser einen wenig zusammenhängenden Teig, der beim Trocknen an der Luft zu Pulver zerfällt; eine gleiche mechanische Zerkleinerung wird offenbar durch den Frost hervorgebracht, indem das vom Mergel absorbirte Wasser beim Gefrieren sich ausdehnt und auf diese Art den Zusammenhang der Theilchen zerstört, so dass diese beim Aufthauen sich von einander ablösen müssen. Man muss bei dem Mergel also zwei Wirkungen unterscheiden, von denen jede einem seiner Hauptbestandtheile ihren Ursprung verdankt, eine mechanische nämlich, die besonders durch die Gegenwart des Thons und namentlich eben durch dessen lockeren Zustand in Folge seines Gemenges mit kohlensaurem Kalke bedingt ist, eine Wirkung, die man in früherer Zeit allgemein als die einzige des Mergels annahm, seine Eigenschaft nämlich, das Gefüge des Bodens zu verbessern [55]); es kommt jedoch zu dieser mechanischen noch eine chemische Wirkung des Mergels hinzu, die des kohlensauren Kalkes, welcher als solcher unmittelbar zur Ernährung der Pflanze beizutragen scheint, wie bereits vorher erwähnt wurde. Hünefeld [56]) schreibt dem Mergel oder namentlich einem seiner Bestand-

---

[54]) Boussingault a. a. O. S. 114: „Nach einigen gemeinschaftlich mit Payen unternommenen Versuchen darf man vermuthen, dass der Mergel noch durch einen dritten Stoff, welcher seiner Natur nach zu den organischen Düngern gehört, die Fruchtbarkeit des Bodens zu erhöhen vermöge; wenigstens haben einige, mit verschiedenen Mergeln angestellte Analysen darin stickstoffhaltige Substanzen nachgewiesen. Dies darf nicht befremden, wenn man die geognostischen Verhältnisse berücksichtigt, unter welchen sich die Mergelablagerungen gebildet haben. Die thonhaltigen Kalke gehören ihrem Alter nach den neuesten Bildungen an und schliessen oft zahlreiche Ueberreste ein, welche das Vorhandensein von organischen Wesen zur Zeit ihrer Ablagerung darthun; auch kennt man mehrere dieser Niederschläge, welche fast ganz aus Bruchstücken von Muscheln gebildet sind, und von einer solchen Beschaffenheit ist der in der Touraine gewonnene Muschelmergel. Hiernach ist es also sehr natürlich, dass mineralische Massen ähnlichen Ursprungs einen Theil der organischen Ueberreste einschliessen, welche den zur Zeit der stattgefundenen Ablagerungen verschütteten Thieren und Pflanzen angehörten. Ein Mergel von Lenguy (Yonne) gab bei der Analyse nahe an 0,002 Stickstoff; eine andere Art aus dem Departement des Niederrheins enthielt davon mehr als 0,001."

[55]) Davy: *Agriculturchemie*, S. 368: „Kreide, Mergel und kohlensaure Kalkerde überhaupt verbessern blos das Gefüge des Bodens, oder sein Verhältniss zur Absorption; sie wirken blos wie einer der erdigen Bestandtheile des Bodens."

[56]) Hünefeld: *Ueber einen bisher übersehenen Bestandtheil der Ackererde;* J. f. pr. Ch. IX. 26–28. „In einer Abhandlung über

Digitized by Google

theile, dem kohlensauren Kalke, eine mehr indirect chemische Wirkung zu, welche darin besteht, dass der kohlensaure Kalk bei einer gewissen Feuchtigkeit und Temperatur des Bodens die Eigenschaft habe, das stets in dem Boden vorhandene salpetersaure Ammoniak zu zerlegen und das letztere in kohlensaures Ammoniak zu verwandeln, dessen vorzugsweise günstiger Einfluss auf das Gedeihen der Pflanzen allgemein bekannt ist. Ueber die Quantität des Mergels, welche auf den Acker gebracht werden muss, lassen sich keine allgemein gültige Regeln aufstellen, dieselbe richtet sich natürlich hauptsächlich nach der Menge des im Boden schon enthaltenen Kalkes [57]).

Die *Talkerde* enthaltenden Kalksteine und Mergel scheinen im Allgemeinen nicht eben schädlich auf die Vegetation der Pflanzen einzuwirken, wenn dieselben nicht im gebrannten, also kaustischen Zustande auf den Acker gebracht werden. Ten-

---

das Wasser Neuvorpommerns u. s. w. (vgl. J. f. pr. Ch. VIII. S. 425 ff.) ist von mir nachgewiesen, dass es an vielen Stellen salpetersaures Ammoniak enthält und deswegen, da es auch kohlensauren Kalk enthält, beim Destilliren ein ammoniakcarbonathaltiges Wasser giebt. Seit der Zeit habe ich das salpetersaure Ammoniak auch in hiesigen Ackererden gesucht und in den bisher untersuchten es auch gefunden.— Hieraus entwickelt sich dann auch ein sehr wichtiger Zusatz zur Theorie von der Wirkung des Mergels und der Wirkung des Thons u. s. w. Der Bestandtheil des Mergels, welcher zunächst *chemisch* (von dieser Wirkung soll hier nur die Rede sein) auf den Ackerboden wirkt, ist der kohlensaure Kalk, aber nicht direct; denn der Humus wird durch den kohlensauren Kalk nicht viel auflöslicher, indem er unter den gewöhnlichen Umständen von der Humussäure auch nicht zersetzt werden kann, und was hätte auch die Pflanze, vollends deren erste Entwickelungsstufen, durch den humussauren Kalk gewonnen? Der kohlensaure Kalk zerlegt vielmehr, bei einer gewissen Temperatur und Feuchtigkeit des Bodens, das salpetersaure Ammoniak (an dessen Bildung wahrscheinlich die Thonerde den nächsten Antheil nimmt), bewirkt salpetersauren Kalk und kohlensaures Ammoniak, welches letztere den Humus auflöst und so eins der intensivsten Nahrungsmittel für die Pflanze dargestellt wird. Das humussaure Ammoniak bildet sich also aus den sich zersetzenden vegetabilischen und thierischen Substanzen, oder indirect durch die Zerlegung des salpetersauren Ammoniaks des Ackerlandes durch die Kreide. Auf die Bildung, auf die Menge des kohlensauren Ammoniaks kommt gewiss das Meiste an."

[57]) Boussingault a. a. O. S. 116 u. ff. „Puvis (Annales de l'Agriculture française t. XXVIII. p. 334, 2e série) bemerkt, dass jeder Boden, welcher mehr als 9 Proc. kohlensauren Kalk enthält, dieses Verbesserungsmittel entbehren könne, dass aber ein solcher, der weniger davon enthält, eine solche Gabe empfangen müsse, dass der Kalkgehalt diese Höhe erreicht. — Die ausserordentlichen Mengen, welche man anwendet und wofür man keinen andern Grund als die Gewohnheit kennt, sind, wo nicht schädlich, doch entschieden nutzlos. Die Menge des mit dem Boden zu verbindenden Mergels richtet sich alsdann nach dem Reichthum der Mergelgruben und der Tiefe der Ackerkrume. Puvis hat darüber folgende Tabelle entworfen:

Digitized by Google

nant[58]) fand allerdings, dass zwei in der Gegend von Doncaster gewonnene und angewandte Kalksorten einen sehr verschiedenen Einfluss zeigten und dass die im Ganzen nachtheilig wirkende Art Talkerde im Verhältniss zur Kalkerde wie 2 zu 3 enthielt; jedoch kann diese schädliche Wirkung nicht der Gegenwart der kohlensauren Talkerde zugeschrieben werden, sondern hat ihren Grund vielleicht in einer dem Pflanzenwachsthume ungünstigen physikalischen Beschaffenheit des Gesteins, denn viele der fruchtbarsten Ackererden enthalten mehr oder weniger Talk, worauf schon Giobert, Abbene[59]) u. A. aufmerksam gemacht haben; nach dem

Anzahl der Cubikmeter des auf 1 Hectare nöthigen Mergels für eine bearbeitete Erdschicht von der Dicke von:						Wenn 100 Theile Mergel enthalten von kohlensaurem Kalk:
8 Centimeter.	11 Centimeter.	14 Centimeter.	16 Centimeter.	19 Centimeter.	22 Centimeter.	
244	324¾	405	487	568	650	10
122	162½	202½	243½	284	325	20
81 ½	108¼	135	159	189½	217	30
61	81¼	101	122	142	162	40
49	65	81	97½	113 6/10	130	50
40 7/10	54	67½	81	94 6/10	108	60
35	46	58	69½	81	93	70
30½	40½	51	61	71	81	80
27	36	45	54	63	72	90
24 4/10	32½	40½	49	57	65	100.

Puvis sieht die in dieser Tabelle aufgeführten Mengen nicht als unabänderlich festgestellt an; es sind aus der Erfahrung abgeleitete Mittelwerthe, welche sich vortheilhaft erwiesen haben, an die man sich jedoch nicht allzu streng binden muss. Bei sandigen und leichten Bodenarten kann also eine grössere Gabe eines sehr thonigen Mergels in Anwendung kommen, bei strengen und thonigen Ländereien wird man sie dagegen verringern müssen. In Uebereinstimmung mit der Erfahrung räth daher Puvis, bei trocknen und leichten Bodenarten, besonders wenn man es mit tief bearbeiteten zu thun haben sollte, die Menge eines an kohlensaurem Kalke reichen Mergels zu verringern; in unfruchtbarem Lande, auf Neubruch und sehr kaltem Boden kann eine Vermehrung des Mergels von Vortheil sein."

[58]) Smithson Tennant: *Ueber die beim Feldbau gebräuchlichsten verschiedenen Arten von Kalk* (Philosoph. Transact. 1799. Part. II. p. 305), Crell's Annalen 1802. I. S. 44—51 u. 122—126.

[59]) *Physiologisch-chemische Untersuchung über den Einfluss der natürlichen Magnesia* (Giobertit) *auf das Keimen, das Wachsthum und die Vegetation der Pflanzen;* J. de Pharm. XXV. 32—33. 1839. — Prof. Giobert hat schon darauf aufmerksam gemacht, dass die natürliche Magnesia keinen so schädlichen Einfluss auf die Vegetation ausüben könne, da z. B. in der Umgegend von Castellamonte und Baldisero diese Substanz in reichlicher Menge in dem Boden vorkomme, auf welchem eine üppige Vegetation sich zeigt; ebenso giebt es viele Gegenden in Piemont, wo das Doppelsalz von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia in cultivirtem fruchtbaren Boden vorkommt. Giobert schloss aus diesen Beobachtungen: 1) dass die natürliche kohlensaure Magnesia der Entwickelung der Pflanzen

Digitized by Google

Letztern kann die kohlensaure Talkerde sogar einen günstigen Einfluss ausüben, da dieselbe die Kalkerde bei deren Abwesenheit zu ersetzen vermag und sodann in die Constitution der Pflanzen selbst eingeht. Zerstörend jedoch wirkte, nach Tennant's Beobachtungen, der gebrannte Dolomit auf die Vegetation ein, welches Davy aus der ungleich schwächeren Verwandtschaft der Talkerde zur Kohlensäure erklärt, und weil sie in Folge dessen, ungeachtet sie der Luft ausgesetzt ist, mehrere Monate lang im kaustischen Zustande verbleibt, und so lange noch kaustische Kalkerde vorhanden ist, sich nicht mit Kohlensäure verbinden kann, indem die Kalkerde der Talkerde augenblicklich die Kohlensäure entzieht [60]). Ferner bemerkt Schübler noch, dass die Talkerde nach dem Brennen eine schwache alkalische Reaction erhält und bei + 12,8° R. in 5760 Theilen Wasser auflöslich wird, welches für die Pflanzen schon genug bedeuten kann, um schädlich einzuwirken; hierzu

---

nicht nachtheilig sei; 2) dass wegen der Auflöslichkeit der Magnesia in überschüssiger Kohlensäure diese Erde eine derjenigen des Kalkes analoge Wirkung ausübt; 3) endlich dass ein Magnesiaboden fruchtbar wird, wenn man den nöthigen Dünger anwendet. — Abbene fand ferner Magnesia in der Asche der auf magnesiahaltigen Erdarten gewachsenen Pflanzen und zieht aus seinen Versuchen überhaupt folgende Schlüsse: 1) Die natürliche Magnesia scheint den Pflanzen nicht nur nicht schädlich, sondern im Gegentheil günstig zu sein. 2) Die Magnesia übt eine ähnliche Wirkung aus wie der Kalk; wenn der Boden nicht hinlänglich kohlensäurehaltig ist, um die Magnesia in auflöslichen Zustand zu versetzen, muss man diesen Mangel durch Dünger verbessern. 3) Wenn in dem urbaren Boden Kalk und Magnesia vorhanden ist, so wird der erstere vorzugsweise von den Pflanzen absorbirt, weil er eine grössere Verwandtschaft für die Kohlensäure hat. 4) In den unfruchtbaren Magnesia-Terrains ist es nicht die Magnesia, welcher man die Unfruchtbarkeit zuschreiben muss, sondern wohl dem Zustande der Cohäsion ihrer Theile, dem Mangel an Dünger, an Thonerde oder andern Bestandtheilen, der grossen Menge Eisenoxyd u. s. w. 5) Die unfruchtbaren Magnesia-Terrains können durch kalkhaltige Substanzen, wie Gips, Kreide, Aschenrückstände, Mergel u. s. w. fruchtbar gemacht werden, vorausgesetzt, dass die übrigen Bedingungen vorhanden sind.

[60]) Davy: *Agriculturchemie*, S. 373. „Wird ein talkerdehaltiger Kalkstein gebrannt, so wird der Talkerde die Kohlensäure weit eher als der Kalkerde entzogen; und wenn nicht eine grosse Menge animalischer oder vegetabilischer Substanzen in dem Boden vorhanden ist, welche durch ihre Zersetzung Kohlensäure liefern, so wird die Talkerde lange Zeit im kaustischen Zustande sich befinden, und in diesem wirkt sie auf gewisse Vegetabilien wie Gift. Dass ein reicher Boden eine grössere Menge des talkerdehaltigen Kalksteines verträgt, scheint seinen Grund darin zu haben, dass die Zersetzung des Düngers in demselben Kohlensäure liefert. Talkerde, im Zustande der milden Talkerde, d. h. völlig mit Kohlensäure gesättigt, scheint stets ein nützlicher Bestandtheil des Erdreichs zu sein. Ich verbreitete reine kohlensaure Talkerde auf Gras, und auch auf Saaten von Weizen und Gerste, so dass die Oberfläche ganz weiss war; allein die Pflanzen hatten davon nicht den mindesten Nachtheil. Eine der fruchtbarsten Gegenden von Cornwall, das Lizard, ist ein District, wo der Boden milde Talkerde enthält."

Digitized by Google

kommt noch, dass sie in diesem Zustande die Eigenschaft besitzt, mit den Erden, welchen sie beigemengt ist, selbst im durchnässten Zustande nach und nach zu erhärten, sie erhält die Eigenschaft eines hydraulischen Mörtels und bildet bald eine harte Kruste, welche den sich entwickelnden Pflanzen in hohem Grade in ihrem Wachsthume hinderlich ist [61]). Ist also in dem Boden nicht eine grosse Quantität Humus oder Dünger zugegen, durch dessen Zersetzung die zur Sättigung nöthige Kohlensäure geliefert werden kann, so muss die gebrannte Talkerde durch ihre ätzende Kraft natürlich einen schädlichen Einfluss ausüben. Dagegen scheint, nach Davy, die milde Talkerde, d. h. wenn diese völlig mit Kohlensäure gesättigt ist, stets ein nützlicher Bestandtheil des Erdreichs zu sein, und der talkhaltige Kalkstein wird im kohlensauren Zustande oft mit Vortheil in kleinen Quantitäten angewendet, indem deren Gegenwart dann das Pflanzenwachsthum befördert, welches schon daraus hervorgeht, dass die Pflanzenasche stets eine grössere oder geringere Menge Talkerde enthält, woraus sich auch der günstige Erfolg erklärt, den Boussingault beobachtete, als er die *phosphorsaure Ammoniak-Talkerde* als Dünger anwandte, ein Salz, welches die zur Entwickelung der Pflanzen vor allen Dingen wesentlichen Elemente enthält und ausserdem wegen seiner Schwerlöslichkeit den Pflanzen eine ihrem allmähligen Wachsthume am meisten zusagende gleichmässige und anhaltende Quelle von Nahrungsstoffen zuführt [62]).

---

[61]) G. Schübler und G. Mayer: *Ueber die Einwirkung verschiedener Salze auf die Vegetation;* Erdm. Journ. f. techn. u. ökonom. Chem. X. S. 74.

[62]) *Versuche über die Anwendung der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia als Düngung*, von Boussingault (Compt. rend. t. XXI. p. 722), J. f. pr. Ch. XXXVI. 293—295. „Es findet sich die Magnesia, welche man doch für die Vegetation so schädlich hält, stets in den Aschen vor, und ihre Menge ist stets in einem gewissen Verhältniss zu der der Phosphorsäure. Untersucht man andrerseits mit Aufmerksamkeit die Zusammensetzung einer vegetabilischen, zur Nahrung dienenden Substanz, so bemerkt man einen genauen Zusammenhang zwischen dem Stickstoff und der Phosphorsäure, was anzuzeigen scheint, dass in der pflanzlichen Organisation die Phosphate genauer mit den stickstoffhaltigen nährenden Substanzen verbunden sind, und dass dieselben diesen bis in den Organismus der Thiere, welche sie assimiliren, folgen. Diese Betrachtungen veranlassten mich, die phosphorsaure Ammoniak-Magnesia als Dünger zu versuchen. Dies Salz schliesst bestimmt die Elemente ein, welche zur Entwickelung der Pflanzen dringend nothwendig sind, und besitzt ausserdem eine Eigenschaft, welche dem Gips zukommt und die wichtigste für seine Anwendung ist; dies ist eine sehr geringe Auflöslichkeit. Ein wenig lösliches Salz, welches durch seine Beschaffenheit nützlich ist, kann nicht schädlich wirken durch seine Menge. Den ersten Mai brachte ich fruchtbare Erde in mehrere irdene Töpfe, wovon jeder 15 Deciliter enthielt. Diese Gefässe wurden in zwei Abtheilungen getheilt. Der Erde jedes Gefässes der ersten Reihe setzte ich 16 Grammen phosphorsaure Ammoniak-Magnesia hinzu und brachte ein schon gekeimtes Samenkorn von frühem

Digitized by Google

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass die *Torf-* und *Holzasche*, wie auch die *Braun-* und *Steinkohlenasche*, als ursprünglich integrirende Theile der Pflanzen, auch zur Beförderung der Bildung neuer Pflanzenstoffe in hohem Grade sich vortheilhaft beweisen müssen. Die Holzasche enthält natürlich alle mineralischen Bestandtheile, deren Gegenwart zur Bildung von neuem Holze erforderlich ist [63]); aus der Torf-, Braun- und Steinkohlenasche

---

Mais hinein. Alle Pflanzen wurden in's freie Land gesetzt und, wenn es die Trockniss erforderte, mit einer gleichen Menge Wasser begossen. In den ersten 14 Tagen, welche dem Keimen folgten, zeigten die Pflanzen sämmtlich dasselbe Verhalten, dieselbe Kraft des Wachsthums. Dies dauerte jedoch nur bis zum 25. Tage, wo man eine Verschiedenheit zu bemerken begann, welche sich von diesem Zeitpunkte an hielt. Am 25. Juli hatten die Pflanzen der ersten Reihe, diejenigen, welche Phosphat erhalten hatten, eine doppelte Höhe und einen dreifachen Durchmesser des Stammes gegen die Höhe und den Durchmesser des Mais, welcher in normaler Erde gewachsen war. Am 25. August waren diese Verhältnisse nicht mehr ganz dieselben; der Mais der ersten Reihe hatte die anderthalbfache Höhe und die doppelte Stärke des Mais der zweiten Reihe. Alle Pflanzen blühten und entwickelten Aehren zu derselben Zeit. Diejenigen, welche sich unter dem Einflusse des Doppelsalzes entwickelt hatten, trugen zwei vollständige und eine fehlgeschlagene Aehre; die andern erhielten eine vollständige und eine fehlgeschlagene Aehre. In dieser letzten Entwickelung befand sich übrigens dies Jahr der im freien Lande gebaute Mais ganz allgemein. Das Korn der erstern Pflanzen wog 2¼, das der letztern wog 1."

[63]) *Versuche über Düngung*, vom Fürsten zu Salm-Horstmar; Journ. f. pr. Ch. XXXVII. S. 341—343. 1846. In neuerer Zeit ist gestritten worden über die Frage: „Können die Pflanzen ihre organischen Bestandtheile allein aus der Luft und dem Regen ziehen, wenn der Boden nur die nöthigen anorganischen Bestandtheile enthält?" Um die Natur auf diese Frage antworten zu lassen, wurden folgende Versuche angestellt. 1) Ein kleiner Flugsanddistrict, der gegen Wind geschützt lag, zeigte die auffallende Erscheinung, dass die in denselben gepflanzten Kiefern und Birken durchaus nicht wachsen wollten, während sie in den diesen District unmittelbar umgebenden Flugsandflächen recht guten Wuchs hatten. Von dem unfruchtbaren Flugsanddistricte wurden einige Quadratruthen mit frischer *Buchenasche*, 10 Pfund auf die Quadratruthe, bestreut und dieselbe flach untergeschaufelt; aber die Kiefern und Birken wuchsen dadurch nicht besser. — 2) Von demselben unfruchtbaren Flugsand (der kaum eine Spur von organischen Bestandtheilen enthielt, denn beim Erhitzen bis zum anfangenden Glühen erschien keine schwärzliche Färbung, sondern nur ein kaum sichtbarer grauer Strich) wurde ein Blumentopf gefüllt, mit 2 Loth geglühter Buchenasche oberflächlich gemengt, mit einigen Körnern von Buchweizen, Hafer, Klee- und Gras-Samen besäet und mit Regenwasser begossen. Die Körner gingen gut auf, die Pflanzen erlangten aber vom 20. Mai bis zum 22. Juni nur die Höhe von 1 bis 3 Zoll. Am 22. Juni wurden diese Pflänzchen mit 2 Tropfen einer starken Lösung von salpetersaurem Ammoniak, mit ¼ Schoppen Wasser verdünnt, begossen. Der Erfolg dieser Zugabe war auffallend, die Pflanzen färbten sich in wenigen Tagen mit kräftigem Dunkelgrün und wuchsen wie von einem neuen Lebensgeist erfüllt. Der Buchweizen wuchs sehr üppig und blühte reichlich, die andern Pflanzen weit überragend; Klee und Gras blieben am meisten zurück und der Hafer setzte nur 2 Körner an. Diese Ver-

Digitized by Google

ist aber gewöhnlich entweder der ganze Phosphorgehalt oder doch der grösste Theil desselben verschwunden, denn der in den lebenden Pflanzen enthaltene Phosphor hat sich in Folge der Fäulniss der vegetabilischen Materie mit dem stets im Erdreiche vorhandenen Eisen verbunden und als Phosphoreisen sich vollständig oder theilweise aus den verwesenden Pflanzen abgeschieden. Ebenfalls hat sich auch der grösste Theil der Alkalien durch den Process des Auslaugens allmählig aus der faulenden Pflanzensubstanz entfernt und ist von den Wassern fortgeführt worden. Dagegen findet man, nicht selten in beträchtlicher Menge, schwefelsauren Kalk' oder Gips in der Torfasche, ferner kohlensauren Kalk, gebrannten Thon und Kieselerde, die in Folge der Einäscherung bei Gegenwart von Alkali zum Theil in den in Wasser auflöslichen, gallertartigen Zustand übergeführt worden ist, — also Substanzen, deren wohlthätiger Einfluss auf das Wachsthum der Pflanzen, nebst den ebenfalls oft in der Torfasche vorkommenden Chlormetallen, wie andern schwefelsauren, kohlensauren und phosphorsauren Salzen, keiner weiteren Bestätigung bedarf [64]). — Der Torf selbst

---

suche sprechen deutlich aus, dass ausser den anorganischen Bestandtheilen dieser Pflanzen auch Stickstoffverbindungen in dem Boden sein müssen zu einem Gedeihen dieser Pflanzen, und es scheint die oben gestellte Frage, in Hinsicht des Stickstoffes wenigstens, auch für die Kiefern und Birken von der Natur mit Nein beantwortet zu sein.

Wird schwarzer Haidesandboden, der sich noch in seinem uncultivirten Urzustand befindet, mit *Erica vulgaris* bedeckt ist, nach Entfernung des Haidekrautes ohne Umbruch, mit der gehörigen Menge Buchenasche bestreut und rother Klee und Gras darauf gesäet, so wächst der Klee schon im ersten Jahre sehr gut, wenn der Boden eine feuchte Lage hat, Gras aber im I. Jahre nicht. Um zu erfahren, ob die in Wasser löslichen oder unauflöslichen Bestandtheile der Asche, oder ob alle Bestandtheile der Asche zusammen die gute Vegetation des Klees in dieser sauren Haideerde bedingten, wurden 3 Versuche angestellt: 1) eine Fläche dieses Bodens mit frischer Buchenasche bestreut; 2) eine gleiche Fläche mit demselben Quantum Asche bestreut, nachdem dieselbe mit Wasser ausgelaugt war; 3) eine gleiche Fläche mit der sub 2) erhaltenen Aschenlauge begossen. Klee und Gras wurden auf diese 3 Proben gesäet. Der Klee wuchs schon im ersten Jahre auf Probe 1) sehr gut, auf Probe 2) sehr mittelmässig und auf Probe 3) gar nicht. Das Gras wuchs auf Probe 1) im ersten Jahre sehr dürftig, aber im 2. und 3. Jahre gut, auf den andern Proben im I. und 2. Jahre schlecht. — Ein gleichzeitiger Versuch mit *Knochenmehldüngung* auf diesem Boden gab das auffallende Resultat, dass der Klee gar nicht darauf wachsen wollte, sondern nach dem Aufgehen wieder verschwand, während dagegen hier das gesäete Gras schon im ersten Jahre gut wuchs. Der Grund dieser Resultate auf saurem Haideboden möchte wohl darin liegen, dass der Stickstoff des Knochenmehls dem Grase schon im I. Jahre gab, was ihm die Asche bei obigen Versuchen nicht geben konnte. Ferner bestätigen diese Resultate die Assimilirung des Stickstoffes der Luft durch den Klee, dass dem Grase diese Eigenschaft fehlt, sowie auch dass der Haideboden, mit Asche versehen, den für das Gras nöthigen Stickstoff erst nach einem Jahre aufgenommen hat.

[64]) Von der *Torfasche* hat Berthier (Essais par la voie sèche, t. I. p. 297 ff.) mehrere Analysen geliefert (vgl. Boussingault *Land-*

Digitized by Google

kann unter Umständen zur Verbesserung des Bodens angewendet werden, muss aber zu diesem Zwecke erst mit gebranntem Kalke

---

wirthsch. Th. II. S. 125): 1) Der Torf aus den Mooren von Sceaux bei Chateau Landon (Seine-et-Marne) hinterlässt 19 Proc.; 2) der Torf von Voitsumna auf der böhmischen und baierischen Gränze enthält Ueberreste von Bäumen und liefert 1,7 Proc. geglühte Asche; 3) Torf aus der Umgegend von Troyes ist braun, von gewebeartiger Beschaffenheit und hinterlässt 11 Proc. nicht geglühte Asche; 4) Torf von Vassy (Marne) ist dicht, braun und mit Kreidestücken untermengt, beim Einäschern liefert er 7,2 Proc. Rückstand; 5) Torf von Champ-du-Feu bei Framont (Vogesen) hinterlässt 3 Proc. geglühte Asche; 6) der Torf aus der Umgegend von Hagenau liefert 12,5 Proc. geglühte Asche. Die letzte Torfsorte wurde von Letellier in dem Laboratorium Boussingault's eingeäschert und die Asche analysirt. Die Zusammensetzung dieser verschiedenen Aschen ist folgende:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Aetzkalk	63,0	2,0	23,0	—	30,0	6,0
Kohlensaurer Kalk		—	—	51,5	—	—
Thon	7,5	—	26,0	11,0	—	—
Gallertartige Kieselerde	15,0	36,5		—	40,0	65,5 mit Sand
Thonerde	7,0	17,3	14,0	—	30,0	16,2
Eisenoxyd	9,0	33,0		11,5		3,7
Kohlensaures Kali	0,5	—	—	—	—	—
Talkerde	—	3,5	14,0	—	—	0,6
Schwefelsaure Kalkerde	—	4,5	—	26,0	—	—
Chlorcalcium	—	0,5	—	—	—	—
Der Einäscherung entgangene Kohle	—	2,7	—	—	—	—
Kohlensäure und Schwefel	—	—	23,0	—	—	—
Kali und Natron	—	—	—	—	—	2,3
Schwefelsäure	—	—	—	—	—	5,4
Chlor	—	—	—	—	—	0,3.

„Aus diesen Analysen sieht man, dass die Zusammensetzung der Torfasche sehr abwechselt. Diesen Abweichungen muss man auch wahrscheinlich den Unterschied in der Wirkung auf den Boden zuschreiben, den man bei Aschen verschiedenen Ursprungs wahrnimmt. Die Asche von Vassy kann zum Gipsen der Wiesen angewendet werden, weil sie den vierten Theil ihres Gewichts schwefelsauren Kalk enthält." (Boussingault a. a. O.)

Thaer und Einhof (Gehlen Neues Journ. d. Chem. Bd. III. 400. 1804) haben ebenfalls zwei Torfaschen analysirt:

	1.	2.
Kalkerde	15,25	— 20,00
Thonerde	20,50	— 47,00
Eisenoxyd	5,50	— 7,50
Kieselerde	41,00	— 13,50
Phosphorsaurer Kalk	15,00	— 9,50
Kochsalz mit Gips	3,10	— 2,60
	100,35	100,10.

Es mögen hier noch die Analysen der Asche einiger Pflanzen, die vorzugsweise zur Torfbildung beitragen, mitgetheilt werden, um aus deren Bestandtheilen den Unterschied zwischen diesen Pflanzenaschen und der Torfasche zu entnehmen. Diese Analysen sind von Wiegmann ausgeführt und in seiner Preisschrift: *„Ueber die Entstehung, Bildung und das Wesen des Torfes, eine von der Königl. Akad.*

Digitized by Google

und andern erdigen und alkalischen Basen gesättigt und gemengt

---

der Wissenschaften zu Berlin des Preises für 1833 *würdig erkannte Preisschrift;* Braunschweig, Vieweg u. S. 1837" veröffentlicht worden:

	Carex caespitosa.	*Eriophorum vaginatum.*	*Sphagnum palustre.*	*Erica vulgaris.*
Kali	—	0,464	0,140	0,094
Natron	—	0,880	0,178	0,200
Schwefels. Natron u. Chlornatrium	1,057	—	—	—
Kalkerde	0,748	0,252	0,362	0,518
Talkerde	0,214	0,340	Spuren	0,164
Alaunerde	0,032	0,065	0,008	0,045
Eisenoxyd	0,230	0,035	0,504	0,053
Manganoxyd	0,315	0,112	0,120	0,090
Kieselerde	3,555	0,344	2,289	0,582
Schwefelsäure	—	0,198	0,105	0,102
Phosphorsäure	0,525	0,440	Spuren	0,012
Chlor	—	0,026	Spuren	0,095
Verlust (in Kohlensäure bestehend)	0,824	—	—	—
	7,500	3,156	3,706	1,955.

Ferner hat Wiegmann zwei Torfsorten aus der Nähe von Braunschweig analysirt, einen Stechtorf und einen Formtorf (Baggertorf):

	Stechtorf.	Formtorf.
Humussäure	276,00	104,00
Wachs	62,00	2,50
Harz	48,00	4,25
Erdharz	90,00	22,50
Humuskohle	452,00	446,00
Wasser	54,00	21,00
Chlorcalcium	0,15	—
Schwefelsaure Kalkerde	2,80	48,75
Kieselerde	7,20	22,00
Sand		142,00
Alaunerde	0,80	96,00
Kohlensaurer Kalk	4,40	—
Eisenoxyd	2,65	66,00
Phosphorsaurer Kalk		16,00
	1000,00	1000,00.

Einen von den gröberen Wurzelresten abgesiebten Brauntorf fand Lampadius (Journ. f. pr. Ch. V. S. 436) zusammengesetzt:

Adhärirendes Wasser	24,0
Humussäure	27,4
Humus	24,9
Feine Holz- u. Wurzelreste	10,7
Saure humussaure Salze	2,3
Schwefelsaurer Kalk	1,5
Kiesel	2,5
Kalk	1,4
Eisenoxyd	1,3
Phosphorsaurer Kalk	1,2
Talk	0,3
Manganoxyd	0,2
Thon	1,1
Chlorverbindungen	Spur
	98,8.

Digitized by Google

werden, wenn dergleichen Stoffe nicht schon in dem Boden, welchem er zugesetzt werden soll, vorhanden sind. Es sind oftmals mit der Torfdüngung Versuche angestellt worden; namentlich haben auch Thaer und Einhof [65]) diese Düngerart empfohlen und Lampadius mit der Humussäure (aus Torf oder Braunkohle bereitet) für sich allein oder mit andern Substanzen gemengt zahlreiche Vegetationsversuche angestellt [66]), aus welchen er das Resultat zog, dass geringe Mengen der humussauren Verbindungen eine gute Wirkung hervorbrachten, grössere Mengen aber die Vegetationskraft völlig zerstörten, indem in dem letztern Falle die Oberfläche bald mit Moos sich überzog. Auch Roscher [67]) hat auf

---

[65]) Thaer u. Einhof: *chemische Untersuchung zweier Torfarten, besonders in Rücksicht auf Torfdüngung;* Gehlen N. Journ. f. Chemie III. 400 u. ff. 1804. „Dem Landwirthe liefert der Torf noch einen sehr schätzbaren Beitrag zur Vermehrung der Fruchtbarkeit seiner Aecker, und er kann sich desselben als Düngungsmittel mit vielem Vortheil bedienen. Wie wir aber oben gesehen haben, so befindet sich der Torf nicht in einem Zustande, in welchem er unmittelbar als Düngungsmittel nützen und die Fruchtbarkeit befördern könnte, indem er sehr schwer in Verwesung übergeht, in welchem Zustande allein er den Vegetabilien Nahrung geben kann. Es ist daher, um denselben als Düngungsmittel anzuwenden, erforderlich, die Umstände zu entfernen, wodurch seine gänzliche Verwesung aufgehalten wird, und ihn vor seiner Anwendung als Dünger so vorzubereiten, dass er eine gänzliche Zerstörung erleiden könne. Eines der vorzüglichsten Mittel, dieses zu bewerkstelligen, ist der gebrannte Kalk. Mit dem Torf zusammengebracht, entzieht er demselben die darin enthaltene Säure und bewirkt nachher eine schnellere Zersetzung desselben. Seine vorzüglichste Anwendung findet der Kalk in dieser Hinsicht, wenn man ihn mit Torf schichtweise in Mengehaufen zusammenlegt und diese mehrere Mal umsticht. Der Torf ist, auf diese Weise vorbereitet, zur Düngung thoniger und sandiger Bodenarten gebraucht und sein grosser Nutzen als Dünger bestätigt worden."

[66]) W. A. Lampadius: *Agronomische Versuche, im Jahre 1832 angestellt;* Erdmann's Journ. f. techn. u. ökonom. Chem. XV. 289—318. 1832. Das Resultat dieser Versuche mit der Gerste und mit dem Sommerroggen ist für die Anwendung der humussauren hier versuchten Basen (Kalk, Kali, Thon) ein sehr günstiges, und es geht dadurch hervor, dass diese Düngmittel die Düngkraft eines Ackers, welcher noch Reste von thierischem Dünger enthält, bedeutend vermehren; und es scheint auch, dass diese Mittel auf ausgezogenem Boden noch wirksam sind. Man kann sich diesen Dünger durch Vermengung von Holzasche, Mehlkalk und Ziegelmehl mit humussauren Braunkohlen und Torfarten bereiten, sodann diese Präparate in dem Verhältniss von 100 Aschenhumus, 50 Kalkhumus und 25 Eisenthonhumus mengen. Von diesem Gemenge dürften sodann auf 1000 □Fuss 36—40 Pfd. auszustreuen sein. Das würde auf den Dresdner Scheffel Fläche etwa 8—9 Centner betragen. — *Fortsetzung:* Journ. f. pr. Chem. III. S. 113 u. 121. Weiterer günstiger Erfolg der Humusdüngung bei dem Anbau von Hafer, Klee, ferner Kartoffeln und Rüben. — Ebendas. Bd. V. S. 433—445. IX. 132—135. XI. 427—430. Günstiger Erfolg der Torfdüngung bei allen Garten- und Feldpflanzen.

[67]) *Einige Worte über die Braunkohle als Düngungsmittel;* Erdm. Journ. f. techn. u. ökonom. Chem. Bd. XVI. 444—450. 1833.

Digitized by Google

den Nutzen hingewiesen, welchen die Braunkohle als Düngmittel wahrscheinlich gewähren würde.

Die Versuche über den unmittelbaren Einfluss des *Kochsalzes* auf die Vegetation der Pflanzen haben zu verschiedenen Resultaten geführt; während Einige, unter denen Lecoq ist, einen günstigen Erfolg erhielten, fanden Andere, wie Dombasle und Puvis, entweder gar keine Wirkung oder eine schädliche [68]). In ganz neuer Zeit hat Braconnot Versuche angestellt, welchen zufolge das Kochsalz die Eigenschaft besitzen soll, bis zu einer gewissen Gränze die Vegetation zu hemmen, wobei die Pflanzen verkümmern; ein gleiches Resultat erhielt er, als er statt des Kochsalzes kohlensaures Kali anwandte [69]). Es ist bei allen über die Wirkung

---

[68]) Boussingault: *Landwirthsch.* Th. II. S. 129. „Lecoq hat Untersuchungen veröffentlicht, die mit aller Umsicht angestellt zu sein scheinen, aus denen hervorgeht, dass das Kochsalz, bei einer Gabe von 150 bis 300 Kilogr. auf das Hectare, das Gedeihen von Gerste, Weizen, Luzerne und Lein fördert. Dombasle ist rücksichtlich der Anwendung des Kochsalzes zu einem andern Schlusse gelangt, und das Kochsalz, in der von Lecoq vorgeschriebenen Menge angewendet, war ohne allen merklichen Erfolg; auch Puvis erhielt völlig negative Resultate. Da Lecoq nach einem grossen Maassstabe arbeitete, so hätte er seine Untersuchungen vielleicht damit beginnen müssen, die Menge der in den Bodenarten, mit welchen er seine Versuche anstellte, enthaltenen Salze von Alkalien zu bestimmen. Es ist möglich, dass er mit einem Boden gearbeitet hat, welchem alle Salze völlig fehlten, und in diesem Falle liesse sich die günstige Wirkung der eingeführten Salze sehr wohl begreifen, denn es ist nicht unmöglich, dass die Wirkung der Salze aufhört wahrnehmbar zu sein, wenn eine gewisse Gabe überschritten wird."

[69]) *Ueber den Einfluss des Salzes auf die Vegetation* (Auszug a. d. Ann. de Ch. et de Ph. III. Sér. Janv. 1845); J. f. pr. Ch. XXXV. 71—72. Die Meinung vieler Landwirthe, dass das Kochsalz ein gutes Düngungsmittel sei und zur Verbesserung der Ernten dienen könne, veranlasste Braconnot, einige Versuche im Kleinen hierüber anzustellen. Zu dem Ende wurden am 13. Sept. v. J. 3 gewöhnliche Blumentöpfe, jeder mit 7 Hectogrm. derselben Erde gefüllt und in jeden Topf 12 Körner Rübensaat und 5 Körner des Samens von *Lathyrus odoratus* gesäet. Alle wurden denselben äussern Einflüssen zugleich ausgesetzt und mit einer gleichen Menge (2 Decilitern) Wasser begossen; im Wasser des 1. Topfes waren 2 Grm. Kochsalz, im Wasser des Topfes No. 2 war 1 Grm. Kochsalz gelöst, der 3. Topf bekam reines Regenwasser. Nach Verlauf von 7 Tagen hatten die Samen im Topfe No. 3 sämmtlich gekeimt, im Topfe No. 2, welcher weniger Salz bekommen als der erste, hatten weniger und im Topfe No. 1 noch weniger Samen gekeimt, und waren namentlich die Samen von *Lathyrus* gar nicht aufgegangen. Am 9. October bekamen sämmtliche Töpfe 1 Deciliter frisches Wasser ohne Salz. Im Topfe No. 1 waren um diese Zeit die wenigsten Samen entwickelt, die Pflänzchen klein, aber doch kräftig; im Topfe No. 2 waren mehr Samen aufgegangen und diese in gutem Zustande; die Samen im 3. Topfe, welche reines Wasser bekommen hatten, waren sämmtlich am meisten entwickelt. Am 19. Oct. bekamen sie wiederum Wasser und am 25. Oct. bemerkte man unter den Pflanzen der 3 Töpfe noch immer dasselbe Verhältniss wie vorhin. Die kleinen und verkümmerten Pflanzen des ersten Topfes

Digitized by Google

von Salzen angestellten Versuchen immer zu berücksichtigen, ob die zu denselben benutzte Erde schon eine hinreichende Menge alkalischer Verbindungen enthielt oder nicht; wo diese Salze fehlen, muss nothwendig der Zusatz von Kochsalz günstig auf die Vegetation einwirken, indem es dann bei Gegenwart kohlensaurer Erden zersetzt wird und als kohlensaures Alkali in die Pflanzen überzugehen scheint; wird jedoch das Kochsalz in zu grosser Menge oder wenn schon beträchtliche Mengen von Alkalien in der Erde vorhanden sind, angewandt, so wird es entweder gar keinen oder einen schädlichen Einfluss zeigen. Schübler und Mayer [70]) haben

---

schmeckten deutlich salzig und hinterliesen auch mehr Asche als die des 3. Topfes. Der 3. Topf wurde viel schneller trocken als die erstern beiden, was der Verfasser der grössern Absorption der Pflanzen zuschreibt. Nach einigen Agronomen soll Kochsalz, mit Kalk gemengt, besonders vortheilhaft sein, weil sich dabei kohlensaures Natron bildet, welches nach ihrer Meinung sehr fruchtbar machend ist. Der Verfasser stellte directe Versuche an mit Wasser, welches mit diesen Alkalien versetzt war, ohne eine derartige Wirkung entdecken zu können. Dem Salze schreibt derselbe bis zu einer gewissen Gränze die Eigenschaft zu, die Vegetation zu hemmen, wobei die Pflanzen verkümmern. Auch sei es ja den Botanikern bekannt, dass auf Salzboden sehr viele Pflanzen in Zwergformen erscheinen. Der Verfasser stellte dann noch Versuche an mit gleichen Gewichten abgeschnittener Blumenzweige, die in gleiche Mengen Wasser gestellt und wobei einerseits 1 Proc. Salz hinzugesetzt, andrerseits reines Wasser angewandt wurde. Die Zweige in reinem Wasser absorbirten unverhältnissmässig mehr Wasser als die in Salzwasser; das wenige rückständige Wasser war klar geblieben, das Salzwasser dagegen trübe, und die Pflanzen welkten im letzteren viel früher. Der Verfasser schreibt dieses den eigenthümlichen Wirkungen kleiner Mengen Kochsalz zu, welche die Fäulniss beschleunigen sollen, und weist darauf hin, dass dieses schon den alten Chemikern bekannt gewesen sei, und dass Bécher schon in seinem Werke davon rede, sowie dass Pringle schon im vorigen Jahrhundert darüber Versuche angestellt habe.

[70]) G. Schübler und G. Mayer: *Ueber die Einwirkung verschiedener Salze auf die Vegetation und die düngende Wirkung des Kochsalzes insbesondere;* Erdm. Journ. f. techn. u. ökon. Chem. X. 70—78. 1831. Um zuerst das Verhältniss zu finden, in welchem Kochsalz auf die Pflanzen schädlich zu wirken anfängt, wurden 11 Blumentöpfe dieser Gartenerde in den Verhältnissen mit Kochsalz gemengt, dass die Menge des Salzes 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 bis 1,1 Proc. der Menge der Erde betrug, der 12. Topf enthielt zur Vergleichung dieselbe Erde ohne alle Salzbeimengung. In diese Töpfe wurden im Frühling *Hordeum distichum, Lepidium sativum* und *Vicia sativa* eingesäet und die Pflanzen unter völlig gleichen äussern Umständen der Entwickelung überlassen. Sie zeigten in ihrer Keimung und Entwickelung bedeutende Verschiedenheiten; in der Erde, welche 0,9, 1,0 bis 1,1 Proc. Kochsalz enthielt, keimten die Samen theils gar nicht, oder die Pflanzen, welche sich entwickelt hatten, starben bald wiederum ab; in den Erden, welche 0,5 bis 0,8 Proc. Kochsalz enthielten, zeigten die Pflanzen zwar anfangs eine gute Entwickelung, fingen jedoch später, vorzüglich bei trockener Witterung, bald zu leiden an; in den nur wenige Tausendtheile (0,1 bis 0,3 Proc.) Kochsalz enthaltenden Erden entwickelten sich die Pflanzen am besten, jedoch zeigte sich auch diese geringe

Digitized by Google

gezeigt, dass die Menge des Kochsalzes nicht über 0,1 bis 0,3 Proc. betragen darf, wenn es günstig auf die Pflanzen wirken soll.

Menge bei der Anwendung auf ganzen Feldern noch zu gross. Das Kochsalz wirkte auf die 3 oben genannten Pflanzen nicht in gleichem Verhältniss; die Gerste ertrug 0,1 bis 0,2 Proc. Kochsalz mehr als das *Lepidium sativum*, noch weniger ertrug die *Vicia sativa*, welche sich am empfindlichsten gegen Kochsalz verhält und noch gegen 0,1 Proc. weniger als das *Lepidium sativum* ertrug. — Es wurden ferner 7 Beete mit Kochsalz in verschiedenen Verhältnissen gedüngt, und ein 8. ohne Salzdüngung gelassen. Folgende Tabelle enthält die Menge des Salzes für jedes der Beete in Granen und Procenten näher berechnet; in diese Beete wurde im Frühling Sommergerste *(Hordeum vulgare)* eingesäet und bei der Ernte im Juli von jedem Beet eine grössere Anzahl vollkommen reifer Aehren abgeschnitten und gewogen und hieraus, um eine genauere Vergleichung der verschiedenen Vollkommenheit des Getreides der einzelnen Beete zu erhalten, ihr mittleres Gewicht berechnet; folgende Tabelle enthält die näheren Resultate, auf Pariser und würtemberger Schuhe reducirt:

Beete.	Menge des angewandten Salzes: auf 1 würtemberg. □Schuh.	auf 1 Pariser □Schuh.	auf 1 würtemberg. Morg.	in Proc. des Erdreichs.	Mittleres Gewicht des Getreides.	Verhältniss der Fruchtbarkeit.
Nro.	Gr.	Gr.	Pfd.		Grane.	
1	0	0	0	0	56,6	Gewöhnliche Fruchtbarkeit des botanischen Gartens.
2	2,5	3,21	12,5	0,002	60,6	Vermehrte Fruchtbarkeit.
3	5,0	6,42	25	0,004	72,5	Maxim. der Fruchtbarkeit.
4	10,0	12,5	50	0,008	65,8	Sich vermindernde Fruchtbarkeit.
5	20,0	25,7	100	0,016	61,0	
6	120	154,2	600	0,096	Unvollkom.	Bedeut. geringere Fruchtbarkeit.
7	240	308,4	1200	0,193	Aehren	
8	360	462,6	1800	0,290	0	Völlige Unfruchtbarkeit.

Dass die Salze und insbesondere das Kochsalz wirklich in dieser geringen Menge dem Erdreich beigemengt auf die Fruchtbarkeit schon wohlthätige Wirkungen äussert, dafür spricht besonders die Anwendung kochsalzhaltiger Gemenge, welche in den Umgebungen verschiedener Salinen längst im Gebrauch sind; auch bei Anwendung dieser Düngsalze ist die Menge der Salze, welche die Bodenarten dadurch beigemengt erhalten, immer sehr gering. Schübler hat später weitere Versuche angestellt und in demselben Journal Bd. XVIII. S. 366—373 mitgetheilt. Es gingen aus diesen Versuchen die Resultate hervor: Die Salzdüngung hat in nassen Jahren besonders günstigen Erfolg; sie wird daher überhaupt in Gegenden, welche eine mittlere grössere Regenmenge besitzen, mit günstigerem Erfolg angewendet werden können, als in tieferen Gegenden mit einer geringeren jährlichen Regenmenge, ebenso wird die Menge des anzuwendenden Salzes in ersteren Gegenden grösser sein dürfen als in letztern. Vorzüglich wohlthätig wirkt die Salzdüngung auf nassen Wiesen und Kleefeldern, auch auf Dinkel-, Weizen- und Rapsfeldern zeigte sie sich im Jahr 1831 sehr wohlthätig. Hülsenfrüchte dürfen nicht mit diesen Salzgemengen (Pfannenstein) gedüngt werden, indem sie dadurch die Fähigkeit verlieren, sich weich

Digitized by Google

Uebrigens mag auch wohl die Pflanzengattung, mit welcher der Versuch angestellt wird, auf den günstigen oder ungünstigen Erfolg von entschiedenem Einflusse sein. Auch das *Chlorcalcium* zeigt sich nach Schübler und Mayer [71]) in geringer Menge dem Pflanzenwachsthume günstig, in zu grosser Menge angewandt, schädlich; eine Beobachtung, welche Lampadius bei verschiedenen Versuchen bestätigt gefunden hat [72]).

Wir haben bereits oben in dem zweiten Abschnitte dieses Werkes von dem Vorkommen *salpetersaurer Salze* und deren Ursprung in der Ackererde gesprochen, wir haben ferner in dem dritten Abschnitte angeführt, dass sie in manchen Pflanzen fertig gebildet auftreten, und in der Kürze die Frage berührt, ob die Salpetersäure im Stande sei, den Pflanzen Stickstoff zu liefern. Die günstige Wirkung der salpetersauren Salze auf die Vegetation der Pflanzen kann wohl nach älteren und neueren Versuchen nicht mehr geläugnet werden, so dass man deren Anwendung allenthalben empfehlen kann, wo der auf diese Weise vermehrte Bodenertrag die Kosten, welche die Herbeischaffung jener Salze erfordern, reichlich wieder ersetzt. Einhof [73]) glaubte zu bemerken, dass auch die freie verdünnte Salpetersäure, über das Feld gegossen, einen wohlthätigen Einfluss äussere, indem im ersten Jahre freilich kein merklicher Unterschied sich zeigte, im zweiten aber die Luzerne auf dem mit Salpetersäure benetzten Felde bei weitem üppiger und kräftiger sich entwickelte als anderswo; Kenelm Digby sah Gerste, welche er mit einer schwachen Salpeterauflösung begoss, sehr üppig wachsen, und Davy hält es nicht für unwahrscheinlich, dass dieses Salz Stickstoff zur Bildung des Eiweissstoffes oder des Klebers in den Pflanzen hergeben könne [74]). Zu ähnlichen Versuchen hat man in neuerer Zeit namentlich den sogenannten Chili-Salpeter oder das salpetersaure Natron mit gün-

---

kochen zu lassen; weitere Beobachtungen müssen jedoch erst ergeben, ob das Kochsalz dieses Düngersalzes oder, wie es wahrscheinlicher ist, der Gips desselben diese schädlichen Wirkungen hervorbringt.

[71]) Schübler und Mayer a. a. O. S. 72. Das Chlorcalcium, ebenso wie der Salmiak, zeigte sich wirksamer als das Kochsalz; 0,6 bis 0,8 der Menge desselben wirkten schädlich.

[72]) Lampadius: *Versuche über die Beförderung des Kartoffelwachsthums durch Chlorcalcium;* Journ. f. pr. Ch. XI. 430—434. 1837. — „Das Kalkmehl, für sich allein angewendet, gab dem magern Boden noch nicht ganz die doppelte Vermehrung seiner Fruchtbarkeit; das Chlorcalcium enthaltende Kalkmehl vermehrte die Fruchtbarkeit des in Rede stehenden Bodens ziemlich doppelt, und der Ertrag von 1½ Scheffel mehr als auf dem andern Beete zeigte doch eine merkliche Vermehrung der Vegetationskraft."

[73]) Einhof: *Ueber die Wirkung verschiedener Säuren, Salze u. s. w. auf die Vegetation;* Gehlen's N. A. Journ. III. S. 608. 1804.

[74]) Davy: *Agriculturchemie*, S. 392.

Digitized by Google

stigem Erfolge angewandt; in England hat Gourcy [75]) den vortheilhaften Einfluss dieses Salzes auf die Cultur des Weizens und Klees bestätigt gefunden, während in Frankreich Barclay [76]) und in neuester Zeit Kuhlmann [77]) bei dem Klee, Weizen und Grase gleich günstige Resultate erzielten. Der Letztere fand sogar, dass der Stickstoff des salpetersauren Natrons noch leichter als derjenige der Ammoniaksalze assimilirt zu werden schiene; man könnte jedoch vielleicht dem Natron eine gleichzeitige günstige Wirkung auf die Entwickelung der Vegetation zuschreiben, obgleich ein unter denselben Umständen mit einer gleichen Menge von trocknem schwefelsauren Natron angestellter Versuch kein Resultat gab, indem die Vegetation nicht kräftiger war als ohne Anwendung dieses Salzes; aber

---

[75]) Gourcy siehe in Boussingault's *Landwirthsch.* II. S. 132.

[76]) Barclay in Boussing. *Landwirthsch.* a. a. O. Ernte von einem Hectare

	ohne Chili-Salpeter.	mit Chili-Salpeter.	Unterschied z. Gunsten d. salpeters. Salzes.
Weizen:	27,50 Hectolit.	31,25 Hectolit.	4,75 Hectolit.
Stroh:	2465 Kilogr.	2900 Kilogr.	435 Kilogr.

Die aus einem Boden, welcher Chilisalpeter empfangen hatte, gemachte Ernte verkaufte sich weniger gut als die aus einem mit Stalldünger gedüngten Lande, und alles zusammengerechnet bringt die Anwendung dieses Salzes keinen Handelsvortheil, dennoch aber würde durch diesen Versuch erwiesen sein, dass das salpetersaure Natron die Production der vegetabilisch-organischen Materie vermehrt.

[77]) Kuhlmann siehe oben S. 396 Anmerk. 24 und S. 404 Anmerk. 28. In der am letztern Orte mitgetheilten Abhandlung heisst es S. 145: „Das salpetersaure Natron scheint den grössten Theil seiner Wirkung als Dünger dem in seiner Säure enthaltenen Stickstoffe zu verdanken. Die in der oben mitgetheilten Tabelle aufgeführten Resultate zeigen, dass, wenn die Salpetersäure mit Kalk gesättigt ist, seine Wirkung auf die Vegetation noch sehr energisch, wenn auch etwas schwächer ist. Es ist nicht schwierig zu erkennen, dass das salpetersaure Natron auch durch seine Base günstig auf die Vegetation einwirkt, indem sie die organischen Säuren sättigt, während die Salpetersäure sich zersetzt. Diese Säure wird ohne Zweifel unter dem desoxydirenden Einfluss der fauligen Gährung in Ammoniak verwandelt, bevor sie von den Pflanzen assimilirt wird. Wenn in meinen Versuchen vom Jahre 1843, wo schwefelsaures Natron als Dünger verwendet wurde, das Natron keinen bemerkbaren Einfluss auf die Vegetation äusserte, so hatte dies darin seinen Grund, weil dieses Salz der Zersetzung zu wenig oder zu langsam zugänglich ist. Auf der andern Seite ist der Kalk des salpetersauren Kalkes ohne Zweifel nicht ohne Wirkung; aber wenn man die erhaltenen Resultate mit einander vergleicht, so sieht man, dass der mit Salpetersäure verbundene Kalk keine so kräftige Wirkung äussert als das Natron, obgleich die Kalksalze in grösserer Quantität in dem Safte der Pflanzen vorkommen als die Natronsalze; die Kalksalze sind gewöhnlich schon in ziemlich bedeutender Menge im Erdreiche vorhanden. Wie dem auch sei, so können wir aus allen Versuchen, die angestellt wurden, schliessen, dass die Basen der salpetersauren Salze zur Fruchtbarkeit der Ackererden weit weniger beitragen als die Salpetersäure, besonders wenn es sich um eine unmittelbare und leicht bemerkbare Wirkung handelt."

Digitized by Google

es ist möglich, dass das Natron, welches durch Zerlegung des salpetersauren Natrons frei wird und Natronsalze mit einer organischen Säure bilden kann, verschieden wirkt von dem Natron, welches in einer so beständigen Verbindung wie das schwefelsaure Natron enthalten ist. Wenn es ausgemacht ist, dass die salpetersauren Salze das Wachsthum der Pflanzen befördern, so geschieht dieses höchst wahrscheinlich nicht durch die unmittelbare Aufnahme des Salzes durch die Pflanzen, sowie sich auch die Gegenwart salpetersaurer Salze in manchen Pflanzen nicht durch eine solche unmittelbare Aufnahme erklären lässt, weil diese Salze sich in Pflanzen vorfinden, die von einem gänzlich salpeterfreien Boden ernährt werden; — sondern man muss gewiss annehmen, dass diese Verbindungen in der Pflanze oder schon in den äussersten Wurzelenden, indem sie von denselben aufgesogen werden, sich zersetzen, und dass also dann der Stickstoff assimilirt wird, auf ähnliche Weise, wie man sich die Assimilation des Kohlenstoffs aus der Kohlensäure oder des Schwefels aus der Schwefelsäure des Bodens vorstellt [78]).

Schon seit den ältesten Zeiten hat man die Vortheile, welche das *Brennen* des Bodens zur Auflockerung und Verbesserung einer zähen und kleiigen Ackerkrume gewährt, gekannt und zu benutzen gewusst. Durch das Brennen wird der Boden weniger dicht, weniger zähe und er hält die Feuchtigkeit weit schwächer zurück. Wird diese Operation zweckmässig angewandt, so kann dadurch ein Boden, welcher fest, feucht und mithin kalt war, in einen pulverigen, trocknen und warmen verwandelt werden, wodurch er weit geschickter zur Beförderung des vegetabilischen Lebens wird [79]). Ausser dieser Verbesserung der physikalischen Beschaffenheit des

---

[78]) Liebig: *Agriculturchemie*, 5. Aufl. S. 303 u. ff.: „Die Frage, von welchem Bestandtheil des salpetersauren Natrons der günstige Erfolg abhängig war, ist noch nicht entschieden. Drückt man den Ertrag an Heu und Stroh, den Herr Gray in Dilston und Herr Hyett durch Düngung mit diesem Salze mehr erhielten (siehe Journal of the royal agricultural society of England), durch ihren bekannten Stickstoffgehalt aus, so ergiebt sich das sonderbare Resultat, dass die Quantität an Stickstoff, welche in diesem Heu und Stroh geerntet wurde, doppelt so viel beträgt, als das zur Düngung angewandte salpetersaure Salz enthielt. Wenn man sich nun erinnert, dass der Ertrag vieler Wiesen durch Düngung mit gebrannten Knochen oder durch Holzasche um die Hälfte, ja um das Doppelte bis Dreifache gesteigert werden kann, so bleibt es immer noch zweifelhaft, ob es die Salpetersäure des salpetersauren Natrons ist, von der die Wirkung ausgeübt wird. — In allen Fällen sind die salpetersauren Salze Düngmittel, welche dem Acker diejenigen Bodenbestandtheile nicht ersetzen, die man in der Ernte dem Boden nimmt, und wenn sie auch durch ihren Säure- oder Alkaligehalt das Wachsthum ein oder zwei Jahre lang steigern, so muss durch diese Steigerung selbst der Boden um so früher erschöpft und um so ärmer werden. Ein eigentlich dauernder Gewinn ist durch die Anwendung salpetersaurer Salze nicht zu erwarten."

[79]) Davy a. a. O. S. 399 u. ff.

Digitized by Google

Bodens wird der letztere durch das Verbrennen der überflüssigen unfruchtbaren vegetabilischen Substanzen mit deren Asche gedüngt, welche bekanntlich die Entwickelung neuer Saaten in hohem Grade befördert. Natürlich kann das Brennen nur auf zähem und sehr lehmigem oder auf einem mit unfruchtbarer torfartiger vegetabilischer Substanz reichlich versehenen Boden angewendet werden; magerer und sandiger Boden wird durch dasselbe nur verschlechtert. Als Ersatzmittel des Brennens hat man auch vielfach die Düngung mit *gebranntem Thon* vorgeschlagen, und die gute Wirkung desselben wurde eine Zeit lang in solchem Grade übertrieben, dass man es in manchen Schriften als Universal-Düngmittel allen andern vorzog und sogar erklärte, dass durch dasselbe jeglicher andere Dünger überflüssig würde [80]). In Deutschland hat besonders Lampadius [81]) und zum Theil auch Spren-

---

[80]) Alexander Beatson: *Neues Ackerbausystem ohne Mist, Kalk und Brache;* a. d. Engl. übersetzt von Haumann. 1828.

[81]) W. A. Lampadius: *Ueber Alex. Beatson's neues Ackerbausystem ohne Mist, Kalk und Brache*, mit Hinsicht auf Dr. C. Sprengel's *neue Erfahrungen im Gebiete der Agriculturchemie; nebst Versuchen über die Wirkung des gebrannten Thons und des Ziegelmehles zur Beförderung der Vegetation;* Erdmann's Journ. f. techn. u. ökon. Chemie Bd. V. S. 33, VI. S. 355, VIII. S. 393, XIII. S. 231, XV. S. 296 u. 446, XVIII. S. 250 u. Erdmann u. Schweigger-Seidel's Journ. f. pr. Chemie Bd. I. S. 356 u. V. S. 445. — Es lassen sich folgende Grundregeln für die Anwendung des Ziegelmehls feststellen: Leicht gebrannter und gepochter Thon und Lehm oder das Mehl mürber, nicht zu hart gebrannter Ziegeln sind in *Verbindung mit Mistdüngung* ausgezeichnete Unterstützungsmittel für Feld- und Gartenbau, machen aber keineswegs andere Düngungen mit Mist, Kalk, Mergel u. dgl. entbehrlich. Durch die Anwendung dieser Mittel kann der Landwirth dahin gelangen, eine grössere Fläche anzudüngen und dadurch den Ertrag seiner Fluren zu vermehren, mehr Futterkräuter zu erbauen und den Viehstand zu erhöhen. Eine Ackerfläche, welche gewöhnlich mit 50 zweispännigen Fudern gemischten Stalldüngers angedüngt wird, kann nur mit 25 Fudern des letztern und mit 20—25 Dresdner Scheffeln Thon- oder Ziegelmehl versehen werden. Man kann entweder in aufgerissener Brache im Herbst düngen und zuerst Winterfrüchte und sodann im zweiten Jahre Kartoffeln oder andere Hackfrüchte bauen, oder die Haferstoppel andüngen und mit dem Anbau der Hackfrüchte die Arten beginnen. Auf moosigen Wiesen ausgestreut, haben Thon- und Ziegelmehl bis jetzt keine Verbesserung des Graswuchses gezeigt. Wahrscheinlich dürfte eine solche erfolgen, wenn man dergleichen Wiesen durch den *Scarificator* aufarbeitete und darauf das Mehl einstreuete. — Was nun die Ursachen der vortheilhaften Wirkung des gebrannten Thons auf Pflanzenwachsthum anbetrifft, so steht vermöge der bisherigen Untersuchungen anzunehmen, durch das gelinde Brennen werden die Bestandtheile auf verschiedene Weise löslicher und dadurch geschickter, durch die Wurzelfasern aufgenommen zu werden. Der rohe Lehm gab nur 0,20; der gebrannte 0,30 lösliche Salze her. Das Thonsilikat und die übrigen unlöslichen Theile werden durch das Brennen geschickter, von der Humussäure aufgenommen und den Pflanzen zugeführt zu werden. Lampadius nahm ferner wahr, „dass gebrannter Thon in Verbindung mit Wasser und atmosphärischer Luft Ammo-

Digitized by Google

gel [82]) viele Jahre hindurch zahlreiche Versuche über die Wirkung des gebrannten Thons auf die Vegetation verschiedener Culturpflanzen ausgeführt, aus welchen sich ergeben hat, dass der gebrannte Thon, namentlich in Verbindung mit Mistdüngung, ein ausgezeichnetes Verbesserungsmittel für den Land- und Gartenbau sei, dass aber dadurch keineswegs die Düngung mit Mist, Kalk, Mergel u. s. w. überflüssig oder entbehrlich gemacht werde. Lampadius erklärt sich diesen Erfolg hauptsächlich durch die Eigenschaft, welche er in Uebereinstimmung mit Sprengel, Kersten u. A. den gebrannten feuchtliegenden Thonarten beilegt, dass diese nämlich Ammoniak *bildeten* und zur Beförderung des Pflanzenwachsthums wieder entwickelten [83]); ausserdem fand derselbe Chemiker, dass die Bestandtheile des Thons durch das Brennen theilweise löslicher und dadurch geschickter werden, von der Humussäure aufgenommen und den Pflanzen durch die Wurzelfasern zugeführt zu werden. Auch mit gebranntem und gepulvertem Gneis, Porphyr und andern Gesteinen wurden Versuche angestellt und deren günstige Wirkung auf die Vegetation ebenfalls bestätigt gefunden [84]). Die Wirkung des gebrannten Thons kann offenbar nur eine mechanische sein, indem er den Boden lockerer und der Bearbeitung zugänglicher macht, in keiner Weise jedoch eine chemische, da die auflöslichen Bestandtheile desselben meistens in so geringer Menge vorhanden sind, dass sie nur einen unwesentlichen Einfluss auf die Entwickelung einer üppigeren Vegetation auszuüben im Stande sind.

III. Die Pflanzengifte oder Stoffe, welche auf das Wachsthum der Pflanzen schädlich einzuwirken scheinen.

Die Pflanzen nehmen, wie wir bereits früher andeuteten, alle Stoffe, die ihnen in einer vollkommenen Auflösung dargeboten werden, durch ihre Wurzeln in sich auf; sie haben nicht, wie die Thiere, das Vermögen, zu wählen, und wenn sie von der einen Substanz eine grössere Quantität als von der andern absorbiren, so hat dies

---

niak *bildet*, aber keins dergleichen gebildet enthält, und dass dieses durch Liegen des Ziegelmehls in einer Ackererde sich allmählig fortbildende Ammoniak allerdings eine der Ursachen der durch das Ziegelmehl vermehrten Vegetation sein muss."

[82]) Sprengel: *Ueber die Wirkung des gebrannten Thons als Düngungsmittel;* Journ. f. pr. Chem. I. 161—166.

[83]) Man vergleiche hierzu das schon oben S. 103 u. ff. Erwähnte, aus welchem das Unwahrscheinliche einer solchen *Bildung* durch Condensation seiner Bestandtheile im Thon hervorgeht; jedoch enthalten alle Thonarten stets etwas Ammoniak, welches sie aus der Atmosphäre absorbirt haben.

[84]) Lampadius; Journ. f. pr. Chem. Bd. II. 376—382.

Digitized by Google

seinen Grund in dem mehr oder weniger concentrirten, besonders aber in dem zäh- oder leichtflüssigen Zustande der Auflösung, oder beruht auf der eigenthümlichen Beschaffenheit der vegetabilischen Membranen, die gegen verschiedene Stoffe ein verschiedenes endosmotisches Vermögen zu besitzen scheinen, und steht endlich in Verbindung mit der periodischen Bildung gewisser Bestandtheile der Pflanze. So sind z. B. die meisten Samen sehr reich an phosphorsauren Salzen; die Säfte der Pflanze müssen also während der Samenbildung dieser Substanzen zum Theil beraubt werden, und werden dadurch in den Stand gesetzt, nach den Gesetzen der Endosmose, wieder neue Mengen dieser Salze dem Boden zu entziehen.

Schon Saussure [84]) stellte interessante Versuche an über das Aufsaugen verschiedener Auflösungen durch die Wurzeln der Pflanzen. Er fand, dass die Pflanzen fast alle Substanzen, die er ihnen darbot, absorbirten, dass sie aber beständig das Wasser in grösserer Menge als die darin aufgelösten Körper eingesogen hatten;

---

[84]) *Chemische Untersuchungen über die Vegetation*, S. 228—249. Verschiedene Auflösungen, von denen jede 40 Cub. Z. (oder 793 Cub. C.) destillirtes Wasser und 12 Gran (0,637 Grm.) von der Substanz enthielt, wurden bereitet. Diese 12 Gran = 100 Theile gesetzt, so enthielten alle Auflösungen 100 Th. fester Substanz, ausser dem Extract der Dammerde, welches nur 25 Th. enthielt. Saussure brachte in jede von diesen Auflösungen Pflanzen von *Polygonum Persicaria* oder *Bidens cannabina*, welche mit ihren Wurzeln versehen waren; er bediente sich eben vorzugsweise der Sumpfgewächse, damit sie von dem Ueberflusse von Wasser, das zu ihrer Nahrung bestimmt war, weniger leiden sollten; er hatte dieselben, ehe er sie zum Versuche anwandte, einige Tage lang erst in destillirtem Wasser stehen lassen, bis ihre Wurzeln anfingen sich zu verlängern, damit sie erst ihre völligen Kräfte wieder erlangen möchten. Die *Polygonum*-Pflanzen vegetirten im Schatten 5 Wochen hindurch in den Auflösungen von salzsaurem Kali, salpetersaurem Kalk und Dammerde-Extract, worin sie ihre Wurzeln entwickelten; sie schmachteten im salzsauren Ammoniak beständig, ohne irgend sich zu entwickeln; nach Verlauf von 8 bis 10 Tagen starben sie im Gummi-Wasser und in der essigsauren Kalkauflösung; in der schwefelsauren Kupferauflösung konnten sie nicht länger als zwei bis drei Tage leben. Die *Bidens*-Pflanzen verfolgten in diesen verschiedenen Auflösungen beinahe den nämlichen Weg. Sie leisteten darin, im Durchschnitt genommen, noch weniger Widerstand als die *Polygonum*-Pflanzen. Der Versuch wurde geendigt, wenn die Pflanzen genau die Hälfte der Flüssigkeit, die sie ernährte, eingesogen hatten; es war eine hinlängliche Anzahl von Pflanzen vorhanden, so dass diese Einsaugung in Zeit von 2 Tagen vollendet sein konnte. Hätte die Zeit länger gewährt, so möchten die Wurzeln in denjenigen Auflösungen, die ihnen nicht behagten, in Fäulniss übergegangen sein. Ausserdem hätten noch der Zucker, das Gummi und das Extract von der Dammerde durch die Gährung den grössten Theil ihrer Grundstoffe verlieren können. Bei der Analyse der rückständigen Flüssigkeit zeigte sich, dass die Pflanzen, beim Einsaugen der Hälfte der zu den Versuchen verwendeten Flüssigkeit, von den aufgelösten Substanzen, anstatt ebenfalls 50 Proc., nur die in der folgenden Tabelle angegebenen Quantitäten in sich aufgenommen hatten.

Digitized by Google

ausserdem bemerkte er auch, dass sie nicht immer diejenigen Nahrungsmittel, die sich für sie am besten passten, in grösster Menge aus dem Wasser nahmen; das schwefelsaure Kupfer, welches das schädlichste war, wurde am reichlichsten absorbirt. Das Gummi, der essigsaure Kalk, welche der Vegetation sehr ungünstig waren, gingen nur in sehr geringer Menge in die Pflanzen über, die Pflanzen absorbirten immer mehr salzsaure und schwefelsaure Alkalien als essigsauren und salpetersauren Kalk, immer mehr Zucker als Gummi. Die absoluten Quantitäten der absorbirten Salze, des Gummi's und Zuckers waren niemals bei zwei ähnlichen Versuchen einerlei; diese Abweichung rührte hauptsächlich von dem verschiedenen Zustande der Wurzeln her, die mehr aufgelöste Materie einsaugten, je weniger frisch und kraftvoll sie waren. Wenn man die Wurzeln abschnitt, so litten die Pflanzen sehr schnell in allen Auflösungen und absorbirten zwei oder drei Mal mehr von der im Wasser aufgelösten Substanz als in den vorhergehenden Versuchen, und zwar ganz gleichgültig alle Salze, die ihnen dargereicht wurden, fast in dem nämlichen Verhältnisse wie das Auflösungswasser. Das Gummi, der essigsaure Kalk, das schwefelsaure Kupfer richteten sie nach Verlauf von 7 bis 8 Stunden zu Grunde und in andern Auflösungen konnte der Versuch auf keine andere Weise beendigt werden, als wenn die Pflanze, welche hier so bald verwelkte, verschiedene Male wieder frisch hineingebracht wurde. Saussure untersuchte ebenfalls die Absorptionsverhältnisse der Pflanzen, wenn ihnen verschiedene Verbindungen in derselben Flüssigkeit aufgelöst dargeboten wurden [86]). Die mit ihren Wurzeln versehenen Pflanzen verzehren gewisse Substanzen vorzugsweise vor andern: sie beladen sich, zum Beispiel, beständig mit einer grösseren Menge von salzsaurem Natron und Kali als mit essigsaurem und salpetersaurem Kalke; sie nehmen in einer Auflösung von Zucker und Gummi mehr Zucker als Gummi

Aufgelöste Substanz.	*Polygonum* hatte absorbirt von 100 Theilen	*Bidens* hatte absorbirt von 100 Theilen
Salzsaures Kali	14,7	16
Salzsaures Natron . . .	13	15
Salpetersaurer Kalk .	4	8
Schwefelsaures Natron	14,4	10
Salzsaures Ammoniak .	12	17
Essigsaurer Kalk . . .	8	8
Schwefelsaures Kupfer	47	48
Gummi	9	8
Zucker	29	32
Dammerde-Extract . .	5	6.

[86]) Saussure a. a. O. S. 233 u. ff. In 40 Cub. Z. Wasser wurden 2 oder 3 verschiedene Salze aufgelöst, von denen jedes 12 Gran (0,637 Grm.) wog. Diese 12 Gran wurden wieder = 100 Theilen gesetzt und der Rückstand der Auflösung analysirt, sobald sie durch das Einsaugen genau auf die Hälfte ihres Volumens gebracht war.

Digitized by Google

auf u. s. w. Alle diese Substanzen dringen nicht in das Gewächs im Verhältnisse ihres Einflusses auf die Vegetation ein; sie werden in weit geringerem Verhältnisse als das Wasser, welches sie in Auflösung erhält, absorbirt. Saussure ist der Meinung, dass, wenn eine Pflanze eine Substanz vorzugsweise vor der andern, wenn beide in der nämlichen Flüssigkeit aufgelöst sind, einsaugt, sie diese Wirkung fast gar nicht in Rücksicht einer Art von Verwandtschaft thut, sondern im Verhältnisse des Grades der Flüssigkeit oder Klebrigkeit der verschiedenen Substanzen. Er nimmt an, dass die Wurzeln ausserordentlich enge Haarröhrchen enthalten, und betrachtet sie als eine Art Filtrum, welches je nach dem Zustande der Flüssigkeit diese mehr oder weniger schnell, in grösserer oder geringerer Quantität durchlässt. Die so sehr beträchtliche Absorption des schwefelsauren Kupfers schreibt Saussure vorzüglich der Desorganisation zu, die dieses Salz an den Wurzeln erregte. In der That sah er, dass die Zumischung dieser Substanz zu einer Auflösung von essigsaurem oder salpetersaurem Kalk diese letzteren in weit grösserer Quantität durch die Pflanzen dringen macht, als wenn sie allein oder mit einem Salze gemischt gewe-

---

Im Wasser aufgelöste Substanzen, jede = 100 Theile gesetzt.	*Polygonum* hatte absorbirt von 100 Theilen	*Bidens* hatte absorbirt von 100 Theilen
Schwefelsaures Natron	11,7	7
Salzsaures Natron . . .	22	20
Schwefelsaures Natron	12	10
Salzsaures Kali	17	17
Essigsaurer Kalk . . .	8¼	5
Salzsaures Kali	33	16
Salpetersaurer Kalk .	4¼	2
Salzsaures Ammoniak .	16½	15
Essigsaurer Kalk . . .	31	35
Schwefelsaures Kupfer	34	39
Salpetersaurer Kalk .	17	9
Schwefelsaures Kupfer	34	39
Schwefelsaures Natron	6	13
Salzsaures Natron . .	10	16
Essigsaurer Kalk . . .	Spuren	Spuren
Gummi	26	21
Zucker	34	46

In dem absoluten Gewichte der absorbirten Salze fanden sich einige Unterschiede; sie müssen bei Gewächsen, die sich nicht ähnlich sehen, ohne Zweifel stattfinden; allein auch Pflanzen der nämlichen Ordnung boten in dieser Rücksicht auffallende Abweichungen dar, dass sie nicht mit Gewissheit der Gattung des Gewächses, welches untersucht wurde, zugeschrieben werden konnten.

Digitized by Google

sen wären, das der Vegetation weniger nachtheilig ist als das schwefelsaure Kupfer.

Wie hier das schwefelsaure Kupfer nachtheilig, zerstörend auf den Organismus der Pflanzen einwirkt, für denselben also als *Gift* betrachtet werden kann, so giebt es eine grosse Anzahl anderer Stoffe, die, wenn die Pflanze ihrem Einflusse ausgesetzt wird, entweder die vollkommene Entwickelung derselben verzögern und verhindern, oder unmittelbar in kürzerer oder längerer Zeit den Tod des Vegetabils bewirken. Diese Stoffe kann man unter der allgemeinen Benennung der *Pflanzengifte* zusammenfassen; ihr Einfluss ist sehr verschiedener Art, nach ihrer Beschaffenheit wie nach der Menge, in welcher sie angewendet werden. Man darf sich die Wirkung derselben nicht in der Art vorstellen, als wenn sie vorzugsweise die Zerstörung eines gewissen Lebensprincipes zur Folge hätte und von dem einen Theil der Pflanze zum andern durch eine Art von Nervensubstanz fortgetragen werde; ihre Wirkung ist vielmehr die von Materie auf Materie, entweder rein chemischer oder auch mechanischer Natur. So sind freie Säuren, starke kaustische Alkalien und alkalische Erden, sehr viele Metallsalze und andere ätzende Substanzen deswegen im höchsten Grade der Entwickelung und dem Wachsthume der Pflanze nachtheilig, weil sie das Zellgewebe derselben zerstören und also dessen Functionen, mithin das Leben der Pflanze, aufheben; so wirken ferner z. B. die Bleisalze und auch andere Metallverbindungen dadurch, dass sie den Eiweissstoff der Pflanzensäfte präcipitiren, mithin die Circulation der letzteren verhindern; auch viele Oele bringen den Pflanzen früher oder später den Tod, weil sie das endosmotische Vermögen der vegetabilischen Membranen vermindern oder ganz zerstören. Aber auch die Quantität dieser Stoffe, die man mit den Pflanzen in Berührung bringt, ist von grossem Einflusse. Wir sahen schon oben, dass das Kochsalz und das Chlorcalcium nur in sehr geringer Menge wohlthätig auf die Vegetation einwirken; wird diese Grösse überschritten, so überzeugt man sich sehr bald von dem entschieden nachtheiligen Einflusse dieser Substanzen. Man kann im Allgemeinen die Behauptung aufstellen, dass fast alle, auch die am meisten die Vegetation fördernden Stoffe nur innerhalb gewisser Gränzen besonders günstig wirken, und es ist eben die Aufgabe einer wissenschaftlichen Darstellung der Landwirthschaft, so viel wie möglich einer jeden Pflanze den ihr am meisten zuträglichen Dünger anzuweisen und diesen in der bestimmten Menge in Anwendung zu bringen, in welcher er, der Erfahrung gemäss, die üppigste Vegetation zur Folge hat. Wie also auf der einen Seite Verbindungen, welche, an dem gehörigen Orte und in bestimmter Quantität verwendet, grossen Vortheil bringen, aber in zu grosser Menge den Pflanzen dargeboten, diese in ihrem Wachsthume aufhalten, so verlieren viele den Pflanzen schädliche Stoffe ihren nachtheiligen Einfluss ganz oder zum Theil, wenn sie nur in sehr geringen Dosen den Pflanzen dargeboten werden; so besitzt, nach

Digitized by Google

Schübler's Beobachtung [87]), der weisse Arsenik, der wie auf den thierischen Organismus, auch auf die Entwickelung der Pflanzen

---

[87]) Schübler und Mayer: *Ueber die Einwirkung verschiedener Salze auf die Vegetation und die düngende Wirkung des Kochsalzes insbesondere;* Erdm. Journ. f. techn. u. ökon. Chem. X. 70 bis 78. „Es ist ausser Zweifel gesetzt, dass die Salze und auflöslichen Stoffe überhaupt sich in ihrer Wirkung sehr verschieden verhalten; einige wirken schon in geringer Menge schädlich, während andere noch in grosser Menge ertragen werden; in etwas zu grosser Menge angewandt, scheinen sie alle schädlich zu wirken. Es würde für die Lehre von den Düngungsmitteln und den praktischen Landbau überhaupt von grossem Interesse sein, die wichtigeren in der Natur häufiger vorkommenden Salze in dieser Beziehung einer näheren Prüfung zu unterwerfen und die Menge, die eigentliche Dosis der einzelnen Salze, kennen zu lernen, in welcher sie bei verschiedenen Pflanzen angewandt werden dürfen, ohne schädlich auf ihr Gedeihen zu wirken. So einfach die Aufgabe zu sein scheint, so stehen ihrer genauen Ausführung jedoch viele Schwierigkeiten im Wege, indem die Wirkung derselben Salze je nach verschiedenen Bodenarten, Klima, ja nach der Witterung der einzelnen Jahre und selbst nach der Natur der einzelnen Pflanzen vielen Abänderungen ausgesetzt ist." In den 0,1 bis 0,3 Proc. Kochsalz enthaltenden Erden entwickelten sich die Pflanzen am besten; die Gerste ertrug 0,1 bis 0,2 Proc. mehr als das *Lepidium sativum,* noch weniger ertrug die *Vicia sativa,* welche sich am empfindlichsten gegen das Kochsalz verhielt. Um eine Vergleichung der grössern oder geringeren Wirksamkeit verschiedener Salze mit der des Kochsalzes zu erhalten, wurden diese auf die gleiche Weise in verschiedenem Verhältniss mit derselben Erde in andern Blumentöpfen gemengt, in diese gleichzeitig dieselben Pflanzen gesäet und ihre verschiedene Entwickelung näher beobachtet, wodurch sich Folgendes ergab: Die Menge der Salze, durch deren Beimengung die Pflanzen in ihrer Entwickelung gestört wurden, verhielt sich zur Menge des Kochsalzes den folgenden Zahlen entsprechend, wenn die Menge des angewandten Kochsalzes = 1 gesetzt wird; die einzelnen Salze sind hier nach dem Verhältniss ihrer Einwirkung geordnet:

Salze.	Menge und Wirkung in Vergleichung mit der des Kochsalzes.
Weisser Arsenik . . .	Zeigten die grösste Einwirkung; 0,2 bis 0,4 der Menge d. Kochsalzes waren schon schädlich.
Jodkalium	
Salmiak	Zeigten sich wirksamer als d. Kochsalz; 0,6 bis 0,8 der Menge desselben wirkten schädlich.
Chlorcalcium	
Kochsalz	1,0 war wirksamer als alle folgende Salze.
Salpeter	Wird in doppelt so grosser Menge als das Kochsalz ertragen.
Essigsaurer Kalk . . .	Wurden in 4 bis 5 Mal so grosser Menge als Kochsalz ertragen.
Essigsaures Kali	
Schwefelsaures Kali .	Wurden in 8 bis 11 Mal so grosser Menge als das Kochsalz ertragen.
Schwefelsaures Natron	
Schwefelsaure Talkerde	
Alaun	
Gips	Wurde in 20 Mal so grosser Menge als das Kochsalz ertragen.
Kohlensaurer Baryt . .	Schienen sich als indifferente Pulver zu verhalten, es liess sich keine schädliche Wirkung bemerken.
Kohlensaure Talkerde .	
Schwefelsaurer Baryt .	
Fluorcalcium	

Digitized by Google

äusserst schädlich einwirkt, — in sehr geringer Menge angewandt, auf manche Pflanzen einen wohlthätigen Einfluss, wie dieses schon früher Lampadius durch Versuche im Grossen bei Düngung ganzer Roggen-Felder nachgewiesen hatte [88]).

Die angeführten Versuche Saussure's über die Absorption auflöslicher Salze durch Pflanzen und deren vortheilhafte oder schädliche Einwirkung auf die letzteren wurden später mehrfach wiederholt und auch auf andere Substanzen ausgedehnt. Sie betrafen zunächst die *Metalle und deren Salze*, welche wie sie auf den thierischen Organismus nachtheilig einwirken, so auch die Entwickelung und das Gedeihen der Pflanzen in hohem Grade zurückhalten, ja in den meisten Fällen, durch Zerstörung der Structur der Gewächse, ihren Tod herbeiführen. John bemerkte [89]), dass die Wurzeln jede Art von auflöslichen Salzen einsaugen; „diejenigen Salze, welche, wie die meisten eigentlichen metallischen Salze, drastisch auf den thierischen Körper wirken, halten schon in geringen Dosen die Vegetation zurück, unterdrücken und vernichten sie selbst gänzlich; in äusserst kleinen Dosen können jedoch auch wahre giftige Salze eingesogen werden, ohne das Wachsthum der Pflanze gerade zu vernichten." Die schädliche Einwirkung der *Quecksilberdünste*, bei gewöhnlicher Temperatur der Luft, auf das vegetabilische Leben beobachteten schon die drei holländischen Chemiker Deimann, Paats van Trostwyk und Lauwerenburgh [90]) und fand später durch die von Treviranus [91]), de Saussure [92]) und vielen Andern angestellten Versuche ihre Bestätigung, wogegen Marcet [93]),

---

[88]) Hermbstädt's *Archiv der Agriculturchemie*, Bd. II. S. 413.

[89]) *Ueber die Ernährung der Pflanzen* u. s. w. Berlin 1819. S. 293. Vgl. Schweigg. Journ. XLV. S. 397 u. ff. „Diejenigen unverbrennlichen auflöslichen Neutralsalze, welche den thierischen Körper nicht besonders reizen, können von den Pflanzen unbeschadet eingesogen werden und geben vielleicht Reizmittel ab, um die Assimilationskraft zu unterstützen u. s. w. — Alle salzige Körper, welche auf die thierische Oekonomie sehr reizend wirken, äussern diese Wirkung auch auf die Vegetation und tödten den Keim in desto geringeren Gaben, je heftiger sie die thierische Oekonomie afficiren."

[90]) *Versuche über die Wirkung des Quecksilbers auf das vegetabilische Leben;* Scherer's Journ. I. 667—671. 1798. Bohnenpflanzen *(Vicia faba)*, die in eine Glocke über Wasser gebracht wurden, wenn neben ihnen ein offenes Gefäss mit Quecksilber sich befand, bedeckten sich am 3. Tag mit schwarzen Flecken und wurden am 4., 5. oder 6. Tage über und über schwarz und starben vollkommen ab.

[91]) *Nordisch. Archiv*, Bd. I. St. 2. S. 268. Treviranus stellte seine Versuche mit Pflanzen von *Phaseolus vulgaris* und *Mentha crispa* an.

[92]) *Chemische Untersuchungen*, an mehreren Orten.

[93]) F. Marcet: *Ueber die Wirkung der Gifte auf das Pflanzenreich* (Ann. de Ch. et de Ph. XXVIII. p. 200. Juin 1825), Schweigg. Journ. XLV. 340 u. ff. Marcet bemerkt a. a. O. S. 348: „Am 10. Mai 1824 bohrte ich in den Stamm eines Kirschbaums ein Loch, wel-

Digitized by Google

als er durch eine Oeffnung metallisches Quecksilber bis in das Mark eines Kirschbaums hineinbrachte, keine nachtheilige Wirkung bemerken konnte. Auch das *Quecksilberoxyd* fanden die holländischen Chemiker schädlich, wenn man die Wurzeln der Pflanzen mit demselben in Berührung brachte; wurde es blos neben dieselben gestellt, so fand nicht die geringste Veränderung Statt [94]). Gleich giftige und schnelle Wirkung, wie das metallische Quecksilber, äussert das *Chlorquecksilber* (Sublimat), wenn dieses, in Wasser aufgelöst, den Pflanzen dargeboten wird, eine Thatsache, welche schon Seguin [95]) beobachtete und später von Marcet [96]), Leuchs [97]), Macaire Princep [98]), A. Vogel [99]) u. A. bestätigt

---

ches bis in das Mark eindrang; in dieses schüttete ich einige Tropfen metallisches Quecksilber. Hierauf verschloss ich dies Loch gänzlich, auf eine Weise, dass weder Wasser noch Luft Zugang hatten und dass der Baum nicht leiden konnte von dem Einflusse der äusseren Elemente. Heute (am 10. Mai 1825) befindet sich der Baum vollkommen wohl und hat keine schädliche Einwirkung des Quecksilbers erfahren. Ich wurde von dem Resultate dieses Versuches um so mehr in Erstaunen gesetzt, als ich oft sagen hörte, dass man die Bäume tödten könne, wenn man sie auf diese Weise der Einwirkung des Quecksilbers unterwerfe."

[94]) An d. angeg. Orte.

[95]) Annales de Chimie, t. LXXXIX. p. 58.

[96]) A. a. O. S. 347 u. ff In einem Blumentopfe wachsende Bohnenpflänzchen wurden am 5. Mai mit ungefähr 2 Unzen Wasser begossen, in welchem 12 Gran Sublimat aufgelöst waren. Am andern Morgen hingen die Blätter sehr herab und die Stengel hatten eine braungelbe Farbe angenommen. Die Pflanzen wurden nochmals mit derselben Menge der Auflösung begossen und waren am folgenden Morgen (7. Mai) völlig abgestorben; die Stengel waren ganz gelb und die Blätter trocken und verwelkt; in der abgestorbenen Pflanze war das Sublimat durch die gewöhnlichen Reagentien leicht nachweisbar. — Ein Rosenzweig mit 2—3 halb entwickelten Knospen wurde am 3. April mit dem untern Ende in ein Fläschchen gestellt, das 6 Gran Sublimat in 1 Unze Wasser gelöst enthielt; am 5. April zeigten sich gelblichbraune Streifen längs den Blattnerven; diese Streifen waren am 6. April breiter und dunkler geworden und am 7. April bedeckten sie fast das ganze Blatt, dessen Ränder nur noch grün waren; der Zweig selbst war ganz vertrocknet. Die äusseren Blumenblätter waren verwelkt, die inneren nicht, aber sie schienen eine viel dunklere Farbe angenommen zu haben. Die Pflanze hatte im Ganzen 32 Gran der Flüssigkeit absorbirt, also beinahe ½ Gran des Giftes.

[97]) *Ueber die Wirkung der Metalle auf die Pflanzen*, von E. F. Leuchs; Pogg. Ann. XIV. S. 499—506. „Eine Mischung von Quecksilber-Sublimat mit ebenso viel neutralem weinsteinsaurem Kali (um weniger heftig wirkendes weinsteinsaures Quecksilber zu bilden) hindert das Aufgehen darin geweichter Erbsen gänzlich, selbst wenn auch nur 0,0009 Gran des Salzes auf ein Samenkorn kommt. Eine grössere Verdünnung habe ich noch nicht versucht."

[98]) *Ueber die Einwirkung der Gifte auf die reizbaren Pflanzen;* Pogg. Ann. XIV. S. 510. Die abgeschnittenen Pflanzen von *Viola odorata* und *Aquilegia vulgaris* starben sehr schnell, wenn

Digitized by Google

gefunden wurde, während Trinichetti behauptete, dass Sublimat von den unversehrten Wurzeln der Pflanzen nicht im geringsten absorbirt werde [100]). Das *salpetersaure Quecksilberoxydul* wirkt gleichfalls zerstörend auf das Wachsthum der Pflanzen ein [101]).

Der *weisse Arsenik* oder die *arsenige Säure* scheint einen, dem Quecksilber ähnlichen Einfluss auf die Pflanzen auszuüben,

---

sie mit ihren Stengeln in eine Sublimatlösung gestellt wurden; allein der Stengel zeigte nur bis zu einer gewissen Höhe noch Spuren von Sublimat, und die Blumen erlitten in ihrer Farbe nur erst dann eine Veränderung, wenn sie sehr nahe bis zur Oberfläche der Flüssigkeit eingetaucht worden waren. — „Wenn man ein Mimosenblatt abschneidet und in eine Lösung von Aetzsublimat fallen lässt, so bemerkt man ziemlich rasche Contraction am Blatte und an den Fiedern; diese biegen sich auf eine ungewöhnliche Weise, breiten sich aber nicht wieder aus. Umsonst legt man die Blätter in reines Wasser, sie bleiben steif und unbeweglich und lassen sich nur schwierig mit dem Finger biegen."

[99]) *Ueber die Absorption der Salze durch gesunde, mit unversehrten Wurzeln versehene Pflanzen;* Journ. f. pr. Ch. XXV. 218. „Eine *Malva sylvestris* hatte 8 Tage in einer Sublimatlösung gestanden. Die abgestorbenen Stengel und Blätter theilten dem kochenden Wasser keinen Sublimat mit. Als aber die mit Wasser ausgekochten Theile der Pflanze mit verdünntem Königswasser erwärmt wurden, fand sich eine nicht unbedeutende Menge Quecksilber in der Auflösung. Dies war auch mit Salatpflanzen der Fall; sie absorbirten zwar das Sublimat, aber als solches befand es sich nicht mehr in den abgestorbenen Pflanzen, sondern war in Calomel zersetzt worden. Eine solche zersetzende Thätigkeit auf das Sublimat kommt indessen doch wohl nicht allen Pflanzen zu, denn ein Exemplar von *Doronicum pardalianches*, welches ich in einer Sublimatlösung hatte absterben lassen, enthielt in den getrockneten Blättern deutliche Spuren von unzersetztem Sublimat; ein gleiches Resultat fand Statt mit jungen Pflanzen von *Pisum sativum*."

[100]) Bibl. Univ. Nov. 1843. p. 346. Vergl. Mulder's *physiolog. Chemie*, S. 677. Auch Trinichetti hat über das Vermögen unversehrter Wurzelfibrillen, Salze aufzunehmen, Versuche mitgetheilt. Er fand, dass die verdünnten Auflösungen folgender Salze aufgesogen wurden: Cyankalium, Salpeter, Chlornatrium, schwefelsaures Kupferoxyd, essigsaures Bleioxyd, Chlorbaryum, Jodkalium, schwefelsaures Kali, schwefelsaures Zinkoxyd, schwefelsaure Magnesia, Alaun, salpetersaurer Kalk und Salmiak; von Kalkwasser und arseniger Säure Spuren und von Jodkalium auch nur wenig. Dagegen wurden *Sublimat* und salpetersaures Silberoxyd nicht im geringsten absorbirt. Gemengen zweier Salze, z. B. von Kochsalz und Salpeter, entziehen die Pflanzen beide nicht in demselben Verhältnisse, worin sie gemischt sind. Stärke, Zucker und ein Infusum von *Quassia amara* wurden nicht absorbirt; ebenso wenig Farbestoffe. Humussaures Kali wurde aufgesogen und in der Wurzel zersetzt; er fand es als solches in der Pflanze nicht wieder.

[101]) A. Vogel a. a. O. S. 217. Das salpetersaure Quecksilberoxydul wurde von der Pflanze absorbirt, aber zersetzt, indem die abgestorbene Pflanze an kochendes Wasser kein Quecksilber, wohl aber an verdünnte Salpetersäure abgab; ob es als Oxydul abgeschieden war und eine neue unauflösliche Verbindung bildete, oder zu metallischem Quecksilber reducirt war, liess sich nicht mit Gewissheit entscheiden.

Digitized by Google

nach den Beobachtungen von Marcet[102]), Macaire Princep[103]), Jäger[104]) und Leuchs[105]); in sehr geringer Menge angewandt,

---

[102]) A. a. O. S. 343 u. ff. Die Versuche mit Bohnenpflanzen wurden ebenso, wie oben bei Anwendung des Quecksilbersublimats beschrieben wurde, angestellt. Nach 24—36 Stunden waren die Pflanzen völlig verwelkt und die Blätter vertrocknet; die Wurzel war noch ganz frisch und schien noch lebendig zu sein. Das Arsenik war in den Blättern und Stengeln in bemerkbarer Menge nachzuweisen. Versuch mit einem abgeschnittenen Rosenzweig mit einer Knospe: Am 31. März in eine Lösung von 6 Gran arseniger Säure in 1 Unze Wasser gesetzt; am 1. April waren die äussern Blumenblätter schlaff geworden und hatten eine leicht purpurrothe Färbung angenommen, einige sogar dunkel purpurfarbne Blätter bekommen; am 3. April waren die Blumenblätter noch schlaffer und fleckiger geworden, die Zweigblätter gänzlich verwelkt. Am andern Morgen war der Zweig völlig gestorben und keine wahrnehmbare Absorption weiter erfolgt; im Ganzen aber hatte der Zweig nur 0,2 Gran von der arsenigen Säure verschluckt. — Versuch an einem 1 Zoll starken spanischen Flieder-Stamm: Am 1. Juni brachte man in eine 1½ Zoll lange Spalte, welche bis in's Mark eindrang, 15 bis 20 Gran weisses Arsenik, das vorher mit einigen Tropfen Wasser angerieben war; die Ränder der Spalte wurden einander genähert und mit Weidenzweigen fest zusammengebunden. Am 8. Juni hatten die Blätter angefangen sich an der Spitze zusammenzurollen, am 15. waren sie verwelkt und am 28. waren auch die Zweige ganz trocken, und in der zweiten Woche des Juli endlich der Stamm ganz vertrocknet und der Baum selbst völlig abgestorben. Diesem Fliederbaume zur Seite befand sich noch ein anderer von der nämlichen Art, dessen Stamm etwas unter der Oberfläche des Bodens mit dem ersten in Verbindung stand; er war gleichfalls vergiftet; 14 Tage nach dem Absterben des ersten vertrocknete er unter denselben Erscheinungen wie jener.

[103]) Pogg. Ann. a. a. O. S. 509. M. Princep untersuchte die Wirkung verdünnter Auflösungen der arsenigen Säure und von arseniksaurem Kali auf die Berberitze, deren Blumen bekanntlich Staubfäden besitzen, die im völlig aufgeblühten Zustande von dem Pistill abgebogen sind, aber wenn man sie mit einem spitzen Instrumente, z. B. einer Nadelspitze, berührt, sogleich sich dem Pistill nähern. Nach 3 Stunden hatten die Staubfäden an den in diese Auflösungen eingetauchten Stengeln ihre Fähigkeit, sich dem Pistill zu nähern, verloren; allein merkwürdigerweise waren sie steif und zurückgebogen, und sie liessen sich, ohne abzubrechen, nicht biegen. Eine Lösung von Aetzsublimat wirkte ebenso, obgleich langsamer und weniger merklich.

[104]) *Diss. inaug. de effectibus arsenici in varios organismos;* Tübingen 1808.

[105]) Pogg. Ann. XIV. 502 u. ff. In einer Auflösung, welche 0,288 und selbst nur 0,072 Gran arsenige Säure enthielt, wurden 100 Samenkörner von Wicken eingeweicht, so dass also auf jedes 0,0028 bis 0,00072 Gran kam, und diese geringe Menge hinderte das Keimen gänzlich! Sogar, wenn eine Verdünnung angewendet wurde, bei welcher auf jeden der eingeweichten Samen nur 0,0000000789 oder ein $\frac{8}{100}$ Milliontel eines Grans kam, waren noch nachtheilige Wirkungen zu bemerken. Diese Wirkung wird noch vergrössert, weil man annehmen kann, dass die Lösung, wie hier vorausgesetzt ist, nicht 2 Proc. Arsenikoxyd enthielt; weil die Wicken von der Einweich-Flüssigkeit nur ungefähr die Hälfte einzogen und daher auch nur die Hälfte des Arseniks wirklich aufnahmen; weil endlich das Wasser Kalk enthielt und

Digitized by Google

verhält der weisse Arsenik sich indifferent oder wirkt sogar günstig auf die Vegetation ein (Lampadius). Klaunig [106]) bemerkt, dass früher über Holland sehr viel *Operment* zur Düngung nach der Barbarei gegangen sei, und nach ihm soll auch in der Nähe der Arsenikfabriken das Gras ausserordentlich üppig sich entwickeln, wogegen jedoch Einhof [107]) einwendet, dass, seiner und Anderer Erfahrung gemäss, im Gegentheil stets alle Gewächse, welche in der Nähe solcher Gebäude, in denen arsenikalische Erze geröstet werden, vorkommen, kümmerlich entwickelt und kränklich sind.

Ausser den angeführten Metallen und deren Verbindungen sind noch eine Menge andere Metallsalze, hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Vegetation, untersucht worden. Marcet [108]) bemerkte, dass eine Lösung von *Zinnchlorid*, von *schwefelsaurem Kupferoxyd* und von *essigsaurem Bleioxyd* einen sehr schädlichen Einfluss ausübten und den Tod der damit begossenen oder in dieselbe hineingestellten Pflanzen in kurzer Zeit herbeiführten. Die Kupferlösung führte ferner, nach einer Beobachtung von Philips [109]), den Tod einer jungen Pappel in kurzer Zeit herbei. Leuchs untersuchte den Einfluss der Salze von *Blei*, *Kobalt*, *Kupfer*, *Nickel*, *Antimon*, *Zink* und *Zinn* und fand diese Salze, selbst in sehr grosser Verdünnung den Pflanzen dargeboten, schädlich, jedoch, Nickel ausgenommen, weniger als Arsenik. Ebenso ist, nach demselben Beobachter, das *Cyaneisenkalium* sehr nachtheilig [110]). *Eisen* und

---

die Samen bei den grossen Verdünnungen daher nur arsenigsauren Kalk erhalten konnten, der, wie jede Verbindung eines giftigen mit einem unschädlichen Körper, weniger wirksam sein wird. *Wirkung des Arseniks auf die Pflanzen*, von E. F. Leuchs; Pogg. Ann. XX. 488–494. Vgl.: *Einige Beobachtungen über die Wirkung des Eisenoxydhydrats als Gegengift des Arseniks bei Vegetabilien*, v. J. Fr. Simon; Pogg. Ann. XXXIX. 366–70.

[106]) Crell's chemisches Archiv, Bd. II. S. 47 (Acta acad. caes. nat. curios. 1712. p. 153).

[107]) *Bemerkungen über die Wirkung verschiedener Säuren, Salze u. s. w. auf die Vegetation;* Gehlen N. Allg. Journ. III. S. 604 u. ff. 1804.

[108]) Marcet a. a. O. S. 349 u. ff. Das Zinnchlorid wirkte auf Bohnenpflanzen und einen Rosenzweig ganz ähnlich, wie das Quecksilbersublimat. Die Kupferlösung bewirkte das Welkwerden der Bohnenpflanzen schon nach 24 Stunden, das essigsaure Blei erst in 2—3 Tagen.

[109]) Philips (Ann. of Philosophy, vol. XIX. p. 75), Schweigg. Journ. XLV. S. 350. Ph. begoss eine junge Pappel an ihrem Fusse mit einer Kupferlösung; bald darauf starb diese, die untern Blätter vertrockneten zuerst. Ein Messer, mit welchem ein Zweig von diesem Baume abgeschnitten wurde, fand sich mit Kupfer überzogen, was augenscheinlich die Absorption des Metalles beweist.

[110]) Leuchs in Pogg. Ann. XIV. 504 u. ff. „Die letzten Versuche mit Cyaneisenkalium und schwefelsaurem Kupferoxyd stellte ich ganz so wie die beiden mit Arsenik an, nur wurden von jedem Salze

Digitized by Google

Mangan dagegen, mit Essig-, Klee- oder Weinsteinsäure gelöst, sollen meistens unschädlich oder selbst nützlich sein, mit Mineralsäuren aber nachtheilig, wenn sie durch die Bestandtheile des Bodens nicht gesättigt werden [111]). Die von Vogel endlich ausgeführten Versuche ergaben als Resultat, dass verschiedene Pflanzen mit ihren unverletzten Wurzeln in einer Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd sterben, das Kupferoxydsalz schnell in sich aufnehmen, dasselbe in Oxydulsalz zersetzen und endlich das schwefelsaure Kupfer aus der Auflösung gänzlich absorbiren; dass die Pflanzen auch in einer Auflösung von *essigsaurem Kupferoxyd* schnell sterben, dasselbe gänzlich absorbiren und in Oxydulsalz verwandeln; dass dagegen Pflanzen, welche im Innern viel kohlensauren Kalk enthalten, als *Chara vulgaris* und *Stratiotes aloïdes*, die Kupfersalze aus ihren Lösungen nicht aufnehmen, was auch mit *Cereus variabilis* der Fall ist [112]). Das *schwefelsaure Zinkoxyd*, sowie

---

5 Gran genommen und in 500 Gran Wasser gelöst. Hiervon bildeten 120 Gran die erste Verdünnung, 60 davon und 60 Wasser die zweite und so fort. Die erste Lösung beider Salze enthielt demnach 2 Gran Kupfervitriol oder Cyaneisenkalium; diese Menge machte die Wickenpflanzen ungefähr um $\frac{1}{5}$ kleiner als die von Samen, welche in reinem Wasser geweicht wurden, auch gingen um $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ weniger auf. Bei der dreizehnten Verdünnung waren jedoch die nachtheiligen Wirkungen nur wenig merklich. Demnach ist 0,02 Gran Kupfervitriol oder Cyaneisenkalium der ersten Verdünnung (2 Gran auf 100 Stück Samen) sehr nachtheilig, und bei 0,0004882 Gran Salzgehalt der dreizehnten Verdünnung, oder wenn auf jedes Samenkorn 0,000004882 Gran kommen, wird die Wirkung wenig merkbar, daher die Gränze der Wirkung nicht weit mehr entfernt sein wird."

[111]) Leuchs: *Ueber die Wirkung einiger Stoffe auf die Pflanzen;* Pogg. Ann. XV. 153—157.

[112]) A. Vogel: *Ueber die Absorption der Salze durch gesunde, mit unversehrten Wurzeln versehene Pflanzen;* Journ. f. pr. Ch. XXV. 209—225. Die Auflösungen enthielten gewöhnlich auf 1 Th. Salz 30—40 Th. Wasser, wobei die Vorkehrung getroffen war, dass das durch Absorption und Verdunsten verschwundene Wasser täglich ersetzt wurde. Zu jedem Versuche wurden zwei Exemplare von der nämlichen Pflanze genommen, wovon das eine in die Auflösung des Salzes und das andere neben dem erstern in destillirtes Wasser getaucht wurde, um dadurch in den Stand gesetzt zu werden, den Unterschied in der Einwirkung der aufgelösten Substanz auf die dem Versuche unterworfene Pflanze deutlicher wahrnehmen zu können. Eine Pflanze von *Helianthus annuus*, 3 Fuss hoch, neigte sich schon nach 16 Stunden, bis sie eine fast horizontale Richtung annahm, und die Blätter schrumpften schnell zusammen. Am obern Theile der Pflanze zeigten sich nach einigen Tagen kleine blaugrüne Krystalle und die Adern der Blätter hatten eine braune Farbe angenommen. Die getrockneten Blätter, mit Wasser digerirt, gaben an dasselbe eine Menge Kupfer ab, welches, wie durch die Reactionen leicht ermittelt wurde, im Zustande von schwefelsaurem Kupferoxydul vorhanden war. Ebenso verhielt sich ein grosses Exemplar von *Polygonum aviculare* mit Blumen; nach einem Tage war die Pflanze gänzlich abgestorben; in den getrockneten Blüthen fand sich nur eine schwache Spur von Kupfer, eine grosse Menge aber in den Blättern und dem Wurzelstocke. Am schnellsten absorbirte

Digitized by Google

das *schwefelsaure Manganoxyd* absorbiren die Pflanzen ebenfalls, ohne jedoch diese Salze zu zersetzen; dasselbe gilt von dem *salpetersauren Kobaltoxyd* und dem *salpetersauren Nickeloxyd*: die Pflanzen sterben bald ab, ohne jedoch die beiden Salze aus der Lösung gänzlich zu erschöpfen; der *Brechweinstein* wurde durch *Tanacetum vulgare* und *Aconitum napellus* ohne Zersetzung in grosser Menge aus seiner Auflösung absorbirt und dadurch der Tod dieser Pflanzen herbeigeführt; das *kleesaure* und *weinsaure Chromoxydkali* wird von den Pflanzen zum Nachtheil derselben langsam, hingegen das *doppelt-chromsaure Kali* schnell und in grosser Menge, ohne zersetzt zu werden, absorbirt, wovon sie auch schnell

---

und starb ab *Hesperis matronalis;* schon nach 12 Stunden waren Blumen und Blätter krampfhaft zusammengezogen und die Adern in den Blättern leberbraun geworden. Eine Pflanze von *Iris germanica* lebt viel länger in einer Kupferauflösung als die übrigen Pflanzen; auch wurden in den endlich abgestorbenen Blättern nur Spuren von Kupfer gefunden. Es scheint, dass das wenig lockere Gewebe der Blätter der schnellen Absorption von Flüssigkeiten ein Hinderniss in den Weg legt. — Eine Auflösung von essigsaurem Kupferoxyd zeigte gegen eine Pflanze von *Helianthus annuus* eine ähnliche, nur nicht ganz so energische Wirkung. — Um über die Meinung mehrerer Botaniker, dass durch gesunde und unverletzte Wurzeln der Pflanzen die Salze aus den Auflösungen nicht absorbirt würden, nähere Aufschlüsse zu erhalten, stellte Vogel ferner folgende Versuche an: Auf zwei grosse, mit destillirtem Wasser benetzte Schwämme wurden Kressensamen gelegt und dieselben mit destillirtem Wasser feucht gehalten. Als die jungen Kressenpflanzen eine Höhe von 2—3 Zoll erreicht hatten, wurde der untere Theil des einen Schwammes in eine verdünnte Auflösung von schwefelsaurem Kupfer getaucht, worauf die Pflanzen nach einigen Tagen abstarben, während die Pflanzen auf dem mit reinem Wasser benetzten Schwamme gut zu wachsen fortfuhren. In den Spitzen der auf dem kupferhaltigen Schwamme verwelkten Pflanzen wurde eine leicht wahrnehmbare Menge Kupfer gefunden. Pflanzen, deren Wurzeln frei in Wasser hängen, als *Veronica beccabunga*, *V. anagallis*, *Masstlea quadrifolia* und *Cyperus thermalis*, verhielten sich ebenso und gleichfalls *Cordyline vivipara*, als diese Pflanze mit dem äussersten Ende ihrer Luftwurzeln in eine Kupferlösung gestellt wurde. — Bei sehr compacten saftreichen Pflanzen ist die Absorption indessen schwierig. Ein in einem Topfe stehendes Exemplar von *Cereus variabilis* wurde während 10 Wochen täglich mit Kupfersalzlösung an der Wurzel begossen, ohne dass die Pflanze Kupfersalz absorbirt hatte oder zu verwelken anfing. Die Blätter von *Stratiotes aloïdes*, welche als frische Pflanze lange in einer Kupferauflösung gestanden, theilten dem Wasser kein Kupfersalz mit, selbst dann nicht, wenn das Wasser zuvor mit etwas Salpetersäure versetzt war; durch diese Pflanze war also keine Spur von Kupfersalz absorbirt worden. Die zerschnittenen frischen Blätter brausen mit Säuren stark auf und enthalten eine beträchtliche Menge kohlensauren und essigsauren Kalk. Dass die Gegenwart des kohlensauren Kalkes in den Pflanzen der Absorbirung des Kupfersalzes hinderlich sein dürfte, scheint daraus hervorzugehen, dass auch von der *Chara vulgaris*, einer mit Säuren stark aufbrausenden Pflanze, welche 3 Wochen lang in einer Auflösung von schwefelsaurem Kupfer stand, während dieser Zeit nicht eine Spur Kupfer aufgenommen war. *Equisetum limosum*, welches viel Kieselerde enthält, absorbirt dagegen das Kupfersalz aus seiner Auflösung.

Digitized by Google

sterben [113]). Die Pflanzen absorbiren das *salpetersaure Silber* und sterben davon, zersetzen aber dasselbe, wobei das Silber metallisch ausgeschieden wird; das *essigsaure Blei* wird gleichfalls von den Pflanzen langsam absorbirt, und zwar so, dass es von einigen zersetzt wird, von andern nicht [114]).

Die *Salze der Erden* und *Alkalien* verhalten sich entweder indifferent gegen das Wachsthum der Pflanzen oder sie befördern dasselbe in höherem oder geringerem Grade, sie dienen als mineralische Düngmittel, von welchen in dem vorigen Capitel ausführlich die Rede gewesen ist. Dass dieselben unter gewissen Umständen auch nachtheilig wirken, wenn sie nämlich in zu grosser Menge den Pflanzen dargeboten werden, und dass dies vor allen Dingen bei den sehr leichtlöslichen Salzen der Fall ist, wurde ebenfalls schon bemerkt, und hiermit in Uebereinstimmung sind auch die von Vogel [115]) mitgetheilten Beobachtungen, nach welchen *schwefelsaure Magnesia, Chlormagnesium, Salpeter* und *Jodkalium* aus ihren Auflösungen durch Pflanzen, die man in dieselben hineinstellt, absorbirt werden und das baldige Absterben der letztern bewirken.

Entschieden nachtheilig wirken *freie Säuren* auf die Vegetation ein, wenn nicht vielleicht der Boden, in welchem die Pflanzen,

---

[113]) A. Vogel a. a. O. *Datura strammonium* und *Galega officinalis* sind die Pflanzen, bei welchen die Absorption des chromsauren Kali's am schnellsten vor sich geht; *Iris germanica* absorbirt dieses Salz bei weitem langsamer.

[114]) A. Vogel a. a. O. Eine in Blüthen stehende Pflanze von *Lactuca sativa* wurde in eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd gestellt. Nach einigen Tagen war sie abgestorben und die getrocknete Pflanze gab an kochendes Wasser keine Spur von Silbersalz ab. Bei einer *Malva sylvestris* fingen die grünen Stengel der Pflanze nach einigen Tagen an grau zu werden, und zwar allmählig bis an die Spitze des Stengels, wobei aber die Blätter ihre grüne Farbe nicht verloren. Die grau gewordenen Stengel bekamen an mehreren Stellen einen weissen Metallglanz. Die zerschnittenen Stengel theilten dem kochenden Wasser keine Spur von Silbersalz mit; wurde aber verdünnte Salpetersäure angewandt, so befand sich in der Auflösung salpetersaures Silberoxyd. Ein Exemplar von *Iris germanica* lebt lange in Silbersalz, und man findet in den endlich abgestorbenen Blättern nur kaum wahrnehmbare Spuren von Silber, aber auch hier im metallischen Zustande. — In einer Auflösung von essigsaurem Bleioxyd sterben die Pflanzen nur sehr langsam. Bei einigen Exemplaren von *Malva* und *Lactuca* war erst nach 2—3 Tagen ein angehendes Verwelken zu bemerken, indem die Blätter anfingen gelb zu werden; nachdem sie endlich abgestorben waren, fand sich selbst in dem obern Theile derselben essigsaures Bleioxyd, welches daraus durch Wasser aufgelöst werden konnte. Andere Pflanzen, wie *Hesperis matronalis* und *Scorzonera hispanica*, starben zwar auch allmählig, es befand sich aber in den getrockneten Blättern kein in Wasser lösliches Bleisalz, da es in denselben eine Zersetzung erlitten hatte und nur durch Salpetersäure ausgezogen werden konnte.

[115]) A. Vogel a. a. O. S. 212 u. ff.

Digitized by Google

die dieser Einwirkung ausgesetzt werden, ein Uebermaass von zur Sättigung der freien Säuren hinreichenden, erdigen oder alkalischen Basen enthält und auf diese Weise oftmals den schädlichen Einfluss in einen äusserst wohlthätigen zu verwandeln im Stande ist. Mit Uebergehung älterer Beobachtungen [116]) führen wir hier nur an, dass Leuchs die nachtheilige Wirkung der *Salz-*, *Salpeter-* und *Schwefelsäure* bestätigt fand, während er bei Anwendung der *Essig-*, *Weinstein-* und *Kleesäure* und ihrer Salze eine günstige Wirkung bemerkt haben wollte; so lange die mit Wasser verdünnten Mineralsäuren noch auf Lakmuspapier reagirten, welkten stets die Pflanzen und Baumzweige bald darin [117]). Göppert prüfte das Verhalten einer Menge Säuren gegen lebende Pflanzen [118]), und in neuester Zeit hat auch Braconnot die schädliche Wirkung sehr verdünnter, freier Säuren auf die Entwickelung der Pflanzen nachgewiesen [119]) und seine Untersuchungen namentlich über

---

[116]) Marcet in Schweigg. Journ. XLV. S. 350. „Bohnenpflanzen, mit ihrer Wurzel eingesenkt in Schwefelsäure, welche mit dem dreifachen Gewichte Wassers verdünnt war, liessen nach wenigen Stunden ihre Blätter herabhängen; nach 24 Stunden waren sie völlig verwelkt." Achard erhielt ähnliche Resultate, bei Anwendung einer mit dem 4fachen Gewichte an Wasser verdünnten Säure. Decandolle (*Physiologie végétale*, p. 1345) bemerkt ferner, dass die Dämpfe der schwefligen, chlorwasserstoffsauren und salpetrigen Säure, selbst in sehr geringer Menge angewandt, die Pflanzen tödten können, ohne Zweifel dadurch, dass sie auf ihre Athmungswerkzeuge, die Blätter, zerstörend einwirken.

[117]) Leuchs: *Ueber die Wirkung einiger Stoffe auf die Pflanzen;* Pogg. Ann. XV. 157. „Da nun bei einer Verdünnung, wo Lakmus nicht mehr geröthet wird, nicht ausgemittelt werden kann, ob die Säure durch den Staub der Luft, die Bestandtheile des Wassers, oder den Erdegehalt der Wurzeln und Zweige nicht gesättigt worden ist, so wird man nie ermitteln können, ob diese Säuren günstig wirken."

[118]) Göppert: *Von der Wirkung der Blausäure auf die Pflanzen;* Trommsdorff Journ. der Pharm. XVII. 1. S. 183. Geprüft wurden Salpetersäure, Schwefelsäure und Salzsäure, von denen jede einzeln mit 4 Theilen Wasser verdünnt war, ferner: concentr. Essig und concentr. Auflösungen von Phosphorsäure, Weinsteinsäure, Benzoësäure und Bernsteinsäure. Stengel von *Senecio vulgaris*, *Pisum sativum*, *Ornithogalum luteum* und Zweige von *Cerinthe major* veränderten in diesen Säuren bald ihre Farbe, und nach 4 bis 5 Stunden waren alle Theile abgestorben. Bei der gleich darauf angestellten Prüfung bemerkte man keine Zerstörung oder Zerfleischung der Gefässe, aber dasselbe Verderben des Zellgewebes und dieselbe Unverletztheit der Spiralgefässe, wie bei den durch die andern Gifte getödteten Pflanzen.

[119]) H. Braconnot: *Ueber die zerstörende Einwirkung sehr verdünnter Säuren auf die Vegetation;* Ann. de Ch. et de Ph. III. Sér. XVIII. p. 157—166. 1846. Am 27. Juni wurde ein Rosenzweig, der zwei sich eben entfaltende Knospen trug, in 30 Grammen Regenwasser, welches mit einem Tropfen Schwefelsäure vermischt war, gestellt. Nach 15 Stunden war das angesäuerte Wasser in dem Zweige bis zu einer Höhe von 4 Centimetern gestiegen, wie die braungelbe Färbung dieses Theiles andeutete, welche sehr gegen die grüne Farbe

Digitized by Google

das Verhalten der Schwefelsäure und der Chlorwasserstoffsäure angestellt. Doch nicht allein die freien Mineralsäuren zeigen diesen

---

des übrigen Theiles des Zweiges abstach. Am 3. Juli war dieser völlig abgestorben, die Flüssigkeit bis zu den Blumen vorgedrungen und die Blätter abgefallen. Es war bemerkenswerth, dass in derselben sauren Flüssigkeit, welche den Rosenzweig getödtet hatte, schöne, äusserst feine, weisse Büschel einer Conferve entstanden waren, welche in diesem Medium alle Verhältnisse gefunden hatte, die ihrer Entwickelung günstig waren. Ein junger Zweig von *Atriplex hortensis* verhielt sich ganz ähnlich. Ferner wurde eine junge Bohnenpflanze in das angesäuerte Wasser gestellt; die Blätter behielten noch eine Zeitlang ihre ganze Frische, während der grösste Theil des Stengels schon entfärbt, schlaff und leblos war; erst nachdem die saure Flüssigkeit auch in die Blätter sich ergossen hatte, starben diese gleichfalls ab. Von einem Apfelbaum, der 3 Meter hoch war, wurde am 23. Juni ein Zweig von der Dicke eines Fingers abgeschnitten und das abgeschnittene Ende des am Baume gebliebenen Theiles in ein Gefäss getaucht, welches 1,3 Litre Wasser, vermischt mit 13 Grammen Schwefelsäure, enthielt. Nach einigen Tagen war die ganze Quantität der sauren Flüssigkeit absorbirt. Der Zweig, durch welchen die Aufsaugung geschehen war, war in einer Ausdehnung von ungefähr 1 Meter stark gerunzelt und die Rinde hatte auf dieselbe Erstreckung einen sauren Geschmack. Ende Juli waren hier und da eine ziemlich grosse Anzahl von Blättern vertrocknet, wie auch einige Zweige, und Alles bewies, dass der Baum krank war. — Am 8. Juli wurden in ein Gefäss, welches eine Mischung von 400 Grm. Regenwasser und 13 Tropfen reiner Chlorwasserstoffsäure enthielt, kurz vorher geschnittene Zweige von folgenden Pflanzen gestellt: *Phytolacca decandra*, *Avena sativa*, *Atropa belladona*, *Datura strammonium*, *Lythrum virgatum*, *Althea officinalis*, *Cynauchum monspeliacum*, *Hydrangea virginica*, *Atriplex hortensis*. Zwei Stunden nachher bemerkte man schon am untersten Ende dieser Pflanzen eine gelbliche Farbe, welche bei der *Phytolacca* 8 Millimeter am Stengel sich in die Höhe zog. Am folgenden Morgen war ein Theil der Zweige von allen diesen Pflanzen sehr deutlich verändert, wie die Umwandlung der grünen Farbe in eine gelblichbraune Färbung andeutete. Am 10. Juli waren die Zweige erweicht und bis auf die Blätter abgestorben; am 14. Juli waren alle Pflanzen gelb und verwelkt. Es wurde ferner zu 1 Decilitre Regenwasser 1 Tropfen Chlorwasserstoffsäure gemischt und von diesem Gemisch 30 Grm. in ein Champagnerglas gethan; in diese sehr schwach saure Lösung wurden eine junge Bohnenpflanze und ein Zweig von *Atriplex* gestellt; am 14. Juli war der Theil dieses Zweiges, welcher in der Flüssigkeit sich befand, desorganisirt, entfärbt und gerunzelt, während der übrige Theil der Pflanze unverändert erschien, indem die Aufsaugung nicht über das Niveau der Flüssigkeit hinausgegangen zu sein schien. Die Bohnenpflanze schien nicht gelitten zu haben, aber am 16. Juli waren beide Pflanzen grossentheils verwelkt. Bei diesem Versuche war es auffallend, dass die ursprüngliche saure Flüssigkeit, welche Lakmuspapier deutlich röthete, gegen dasselbe Reagens neutral wurde, nachdem die Pflanzen darin einige Tage lang eingetaucht gewesen waren. Dieselbe Erscheinung zeigte sich, als der Versuch mit einem Zweige von *Momordica elaterium* wiederholt wurde. Nach dem Eindampfen blieb bei dem letzteren Versuch ein weisser Rückstand, der ganz aus Chlorkalium gebildet war und einige Spuren organischer Materie enthielt; woraus hervorgeht, dass die Chlorwasserstoffsäure durch das Kali, welches die *Momordica* geliefert hat, gesättigt worden ist, während alle Theile dieser Pflanze das blaue Lakmuspapier röthteten.

Digitized by Google

nachtheiligen Einfluss auf das Wachsthum der Pflanzen, auch die organischen Säuren verhalten sich ganz ähnlich. Ganz besonders ist dieses der Fall bei der *Cyanwasserstoffsäure* oder *Blausäure*, über deren Verhalten namentlich zahlreiche Versuche angestellt worden sind. Schon Rafn [120]) sah, dass die Bewegung der Staubgefässe, wenn Blausäure in ihre Nähe gebracht wurde, gänzlich aufhörte, und Marcet [121]) bemerkte, dass diese Säure in kurzer Zeit den Tod der Pflanzen herbeiführte. Auch Becker [122]) bestätigte diese Thatsache und bemerkte, dass die blausäurehaltigen ätherischen Oele und das Kirschlorbeerwasser eine der reinen Blausäure durchaus analoge Wirkung äussere, welches auch Schrei-

---

[120]) Rafn: *Danmark's Flora*, Bd. I. S. 176.

[121]) Marcet: *Wirkung der Gifte auf das Pflanzenreich;* Schweigg. XLV. 389 u. ff. Am 12. Mai wurde eine Bohnenpflanze mit ihrer Wurzel in Blausäure gebracht; nach 2—3 Stunden fingen die Blattstiele an sich zu krümmen, nach 12 Stunden war die Pflanze gänzlich abgestorben, alle Blattstiele waren wie zerbrochen und beugten sich von ihrer Mitte an abwärts. — Ein oder zwei Tropfen concentrirter Blausäure wurden auf die Spitze eines Zweiges der Sinnpflanze *(Mimosa pudica)*, an welchem sich 4 Blätter befanden, gebracht; nach einigen Augenblicken schlossen sich die Blätter sämmtlich. Die Blätter öffneten sich ungefähr nach einer Viertelstunde von Neuem, aber sie hatten ihre Empfindlichkeit zum grössten Theile verloren und erhielten diese erst nach einigen Stunden wieder. Die Blätter schlossen sich ebenfalls, wenn man nur Blausäure in ihre Nähe brachte, so dass der Dunst auf dieselben einwirken konnte.

[122]) Becker: *Dissert. inaugur. med. de acidi hydrocyanici vi pernitiosa in plantas.* Jenae 1825. Vgl. Trommsdorff's Journ. für Pharm. XVII. 1. 120 u. ff. Die nach der Vauquelin'schen Methode bereitete Blausäure scheint in ihrer Wirkung dem Kirschlorbeerwasser fast gleich zu kommen; das ätherische Oel der bittern Mandeln aber besitzt mehr Kraft. Die Lebenskraft der Samen von *Pisum sativum*, *Phaseolus vulgaris*, *Tropaeolum majus* und *Impatiens Balsamina* wird anfangs nicht gleich vernichtet, sondern sie wird gleichsam ohnmächtig und unterdrückt; bleiben die Samen jedoch zu lange Zeit in jenen Giften liegen, so verlieren sie alle Keimkraft. Die schädliche Wirkung der durch abgeschnittene Wurzeln oder Stengel absorbirten Blausäure zeigt sich zuerst in den untern und Wurzel-Blättern, später in der Spitze der Pflanze. Die Blätter, welche mit Blausäure oder Kirschlorbeerwasser benetzt werden, scheinen hierdurch nicht zu leiden. Die Oberfläche der Blätter und Stengel, auch wenn sie verletzt ist, besitzt keine Macht, die giftige Wirkung der Blausäure durch die ganze Pflanze zu verbreiten. Dies wird auch dadurch bestätigt, dass, wenn man den halben Theil eines Blattes mit ätherischem Bittermandelöl bestreicht, auch nur die eine Hälfte des Blattes zu Grunde geht und die andere unbeschädigt bleibt. Auch fand Becker durch Versuche, dass man die bewegende Kraft der Blätter der *Mimosa pudica* und *Desmanthus natans* durch die Blausäure verringern könne. Durch die Sonnenstrahlen wurden die schädlichen Wirkungen dieses Giftes beschleunigt, was er dem durch die Sonnenstrahlen bewirkten schnelleren Aufsteigen der Säfte in den Pflanzen zuschreiben zu müssen glaubt.

Digitized by Google

ber [123]) bestätigt fand. Vor allen andern ist hier der zahlreichen, von Göppert ausgeführten Versuche [124]) Erwähnung zu thun, welche sich vorzugsweise auf die *Blausäure*, den *Weingeist*, die *ätherischen Oele, ätherisch-öligen Wasser* und das *Aetzammoniak* bezogen. Als Resultat dieser Versuche ergab sich, dass diese Flüssigkeiten sämmtlich das Pflanzenleben vernichteten, dass dieselben, ungeachtet ihrer verschiedenen chemischen Beschaffenheit, in der Art und Weise der Einwirkung völlig übereinstimmten und

---

[123]) Schreiber: *Dissert. de acidi hydrocyanici vi pernictosa in plantas.* Jenae 1825. (Vergl. auch Geiger's Magaz. d. Pharm. Aug. 1825. Bullet. des sc. méd. Mai 1825. p. 16.) Schweigg. Journ. XLV. S. 399 u. ff. Die Versuche Becker's wurden wiederholt und sämmtlich bestätigt gefunden.

[124]) Henr. Rob. Goeppert: *De acidi hydrocyanici vi in plantas Commentatio;* 1827. Trommsdorff's Journ. der Pharm. XVII. 1. S. 109–193. Die Fortsetzung dieser Versuche findet man in der Abhandlung desselben Verfassers: *Ueber die Einwirkung der Blausäure und des Camphers auf die Pflanzen;* Pogg. Ann. XIV. S. 243–252, aus welcher letztern wir die folgenden Bemerkungen entlehnen, da eine ausführliche Mittheilung der sehr zahlreichen Versuche hier zu weit führen möchte. „Die Erscheinungen, welche diese Gifte bewirkten, erfolgten allmählig von unten nach oben, genau nach dem Verlauf der Gefässe, und immer konnte man wahrnehmen, dass mit dem Beginn des Todes nicht ein *allgemein kränklicher Zustand* der Pflanze eintrat, sondern vielmehr die oberhalb der Stelle befindlichen Theile, wo bereits die Einwirkung des Giftes sichtbar ward, *ihre völlige Integrität bewahrten und alle Zeichen der lebhaftesten Vegetation zeigten.* So entwickelten sich oberhalb ihrer Blüthen, während der untere Theil schon auf die angegebene Weise zerstört war, Blüthen mit bewegungsfähigen Geschlechtstheilen, wie z. B. die von *Berberis vulgaris*, *Parnassia palustris*, *Ruta graveolens*, *Mimulus glutinosus* u. dergl. besassen noch diese Eigenschaft, waren auch die Blüthenstiele schon ergriffen; ja Blattfiedern der *Mimosa pudica* und anderer Leguminosen zeigten an ihren obern Blättchen noch den Pflanzenschlaf, während die untern schon von der Einwirkung der schädlichen Flüssigkeit ergriffen waren. Um diese auffallende Erscheinung zu erklären, die an Sonderbarkeit noch gewinnt, wenn wir bedenken, wie schnell sonst die Flüssigkeiten von den Gefässen der Pflanzen aufgenommen werden, wie bald sich z. B. verwelkte Pflanzen durch Begiessen mit Wasser erholen, könnte man annehmen, dass die Blausäure und die andern genannten Flüssigkeiten wohl bald in der gesammten Flüssigkeit verbreitet würden, aber erst später ihre zerstörende Wirkung äusserten. Offenbar müssten jedoch dann die Erscheinungen des Todes in allen Theilen des Vegetabils gleichzeitig und zwar vorzugsweise an den zartesten, dünnen Theilen, also gewöhnlich an dem Gipfel der Pflanze eintreten, was jedoch, wie schon erwähnt, keineswegs der Fall ist, denn immer schreitet die Wirkung von den untern zu den obern Theilen. Die obern Theile einer Pflanze enthalten keine Spur von Blausäure, Alkohol u. dergl., wenn auch die untern, bereits zerstörten, sich Tage lang in diesen Flüssigkeiten befanden; die milchenden Vegetabilien endlich, welche auch durch die geringste Quantität jener Stoffe so bald die Fähigkeit verlieren, Milch abzusondern, besitzen selbst noch eine Linie über der bereits zerstörten Stelle diese Eigenschaft." Unter diesen Umständen bleibt, nach Göppert, nichts Andres zur Erklärung dieses Verhaltens übrig, als der im Texte ausgesprochenen Ansicht beizutreten.

Digitized by Google

nur der Zeit nach, in welcher dieselbe sichtbar wurde, differirten. Die Spiralgefässe der Pflanzen nahmen jene schädlichen Stoffe auf, führten sie dann in's Zellgewebe über, welches bei der anatomischen Untersuchung folgende Veränderungen zeigte: Die Wände der Zellen waren gerunzelt, daher die Form der Zellen kaum zu erkennen, das Volumen derselben selbst sehr vermindert und das grüne, in ihnen enthaltene Wesen mehr oder minder gebräunt. Die Spiralgefässe hingegen zeigten keine sichtbare Veränderung. Aus diesen Gründen war es leicht erklärlich, warum alle mit Zellgewebe reichlich versehenen Vegetabilien wie die kräuterartigen Stengel der Dicotyledonen eine bräunliche Farbe annahmen, oft um das Drei- oder Vierfache ihres vorigen Volumens verdünnt erschienen und endlich zusammenknickten; dagegen die holzigen Theile der Dicotyledonen die starren Stengel der Monocotyledonen und Farrenkräuter, wegen der überwiegenden Zahl der Spiralgefässe, ihren vorigen Umfang unverändert beibehielten. Die bei diesen Pflanzen-Vergiftungen beobachteten Erscheinungen finden, nach Göppert, nur darin ihre Erklärung, dass die Pflanzengefässe dem Alkohol, der Blausäure, den ätherisch öligen Wassern, der Aetzammoniak-Flüssigkeit zunächst das Wasser, womit sie gebunden sind, entziehen und erst später die wirksamen, dem Pflanzenleben so schädlichen Stoffe aufnehmen, also eine *wahre Wahlanziehung* ausüben [125]).

---

[125]) Göppert in Pogg. Ann. a. a. O. S. 245. „Verwelkte Pflanzenstengel erholen sich anfangs ebenso in der Blausäure, wie in Wasser, und zwar in ersterer um so früher, je wässeriger dieselbe ist, sterben aber später, je nach der Concentration der Blausäure, mehr oder weniger schnell. Jedoch nicht nur die Gefässe eines abgeschnittenen Theiles irgend eines Vegetabils, sondern auch die der Wurzeln üben eine ähnliche Anziehung aus. Am 13. August 1828 früh um 11 Uhr wurden stark verwelkte Pflänzchen von *Tagetes patula*, *Lepidium sativum*, *Silene armeria*, die in einem 4 Zoll hohen, 2½ Zoll breiten, mit gewöhnlicher Gartenerde gefüllten Napf befindlich waren, mit 2 Drachmen 2½ procenthaltiger Blausäure begossen. Die Pflänzchen erholten sich nach wenig Stunden, vegetirten fort, begannen aber am 14. früh auf eigenthümliche und schon näher bezeichnete Weise, nämlich durch allmählige, von unten nach oben vorschreitende Verdünnung der Stengel, zu sterben. Auch in allen ätherisch-öligen Wassern, die Blausäure haltenden mit eingeschlossen, in mit Campher geschwängertem Wasser erholten sich anfangs die Pflanzen und starben später. Desgleichen sogar in Alkohol- und Aetzammoniak-Flüssigkeit, nur müssen beide sehr stark verdünnt angewendet werden, weil sie im concentrirten Zustande zu schnell, noch rascher als Blausäure, die Pflanze vernichten. — Diese Aeusserung von Wahlanziehung kommt jedoch *nur der lebenden Pflanze* zu als eine wahre vitale Action. Ich nahm getrocknete und lebende, nur etwas verwelkte Pflanzenstengel derselben Art und setzte sie in jene Flüssigkeiten. Binnen sehr kurzer Zeit hatte sich die letztere in den getrockneten verbreitet, während die lebenden Pflanzenstengel sich kaum erholt hatten und noch keine Spur von Aufnahme der schädlichen Substanzen in ihnen sichtbar war. Auch liess sich in der getrockneten Pflanze von Stelle zu Stelle die Aufnahme jener Flüssigkeiten in ihrem unveränderten Zustande durch Reagentien wahrnehmen. Diese Thatsachen beweisen also, dass bei der Aufnahme

Digitized by Google

Macaire Princep fand, dass die verdünnte Blausäure, oder der Dunst derselben, die Eigenschaft besitze, die Empfindlichkeit der Mimosenblätter auf eine Zeitlang zu zerstören oder zu schwächen, dass aber, je nach der Dauer der Einwirkung, in kürzerer oder längerer Zeit das ursprüngliche Zusammenziehungsvermögen wiederhergestellt werde [126]). Wir haben oben angeführt, dass Leuchs

---

von Flüssigkeiten in den Gefässen der Pflanzen wahre vitale Kräfte thätig sind und diese Erscheinungen keineswegs der blossen Haarröhrchen-Wirkung der Pflanzenfaser zugeschrieben werden können. Sie zeigen ferner, dass die Gefässe eine *wahre Wahlanziehung* auszuüben im Stande sind."

[126]) Macaire Princep: *Ueber die Einwirkung der Gifte auf die reizbaren Pflanzen;* Pogg. Ann. XIV. 506 u. ff. „Ein Mimosenblatt, welches auf die Oberfläche der Lösung einer Blausäure, von der Stärke der Scheel'schen, gelegt wird, zieht sich anfangs zusammen, breitet sich darauf etwas aus, ist aber ganz unempfindlich. Die Gelenke der Fiedern sind biegsam und werden durch Wasser nicht wieder in den gesunden Zustand versetzt. Wenn die Säure mit dem Vier- oder Fünffachen ihres Gewichts an Wasser verdünnt ist, breiten sich die Blattfiedern wie in reinem Wasser aus und sind anscheinend ganz gesund; also sie können zu keiner Bewegung angereizt werden. Ein Tropfen Blausäure auf zwei Fiedern eines Blattes einer gesunden Pflanze gebracht, bewirkt, dass sich nach und nach alle Blattfiedern paarweise zusammenziehen, sich jedoch nach einiger Zeit wieder ausbreiten, allein ohne gegen äussern Reiz empfindlich zu sein; erst nach einer halben Stunde erlangen sie allmählig ihre Empfindlichkeit wieder, doch sind sie wie betäubt. Setzt man ein Mimosenblatt dem Dunste einer offnen Flasche mit Scheel'scher Blausäure aus, so sieht man nach einer Minute, dass alle Blattfiedern sich nach einander paarweise zusammenziehen; und wenn sie sich allmählig wieder geöffnet haben, so findet man sie eine Viertel- oder halbe Stunde lang unempfindlich, und fast eine ganze Stunde, während welcher sie wie betäubt sind, ist zur völligen Wiederherstellung ihres Zusammenziehungsvermögens erforderlich. Ammoniak scheint die Genesung zu beschleunigen und einigermaassen die schädliche Wirkung der Säure zu vernichten. — Ich stellte ferner auf das Gefäss, welches die Mimosen enthielt, ein Schälchen mit schwacher Blausäure, so dass ein oder zwei Blätter und zuweilen ein ganzer Zweig in die Flüssigkeit tauchte, oder auf deren Oberfläche lag. Die Blattfiedern blieben frisch und ausgebreitet, wie im gesunden Zustande, nur waren sie fast sogleich ganz unempfindlich. Nachdem die Blattfiedern 2 Stunden lang in der Blausäure-Lösung verweilt hatten, nahm ich die Tasse fort. Wie ich die Fiedern auch zu bewegen suchte, so blieben sie doch ausgebreitet und ohne Contraction, und dennoch war es unmöglich, in ihrem äussern Ansehen eine Verletzung oder Kränklichkeit wahrzunehmen. Um 5 Uhr Abends wurde der Versuch beendigt und die Blattfiedern sich selbst überlassen. Um 6, 7 und 8 Uhr zeigten sie sich bei der Untersuchung geöffnet und unempfindlich; auch noch um Mitternacht war dies der Fall, sie waren noch im Zustande des Wachens, während alle übrigen Theile der Pflanze sich gesenkt, zusammengezogen und in den Zustand des sogenannten Schlafens begeben hatten. Am andern Morgen erhielten sie wieder etwas Empfindlichkeit und den ganzen Tag hindurch waren sie erstarrt. — Man kann also, ohne die Mimose zu tödten, direct auf dasjenige fragliche Organ wirken, mittelst dessen sie jene sonderbaren Bewegungen vollführt. Könnte man nicht daraus schliessen, ohne sich einer

Digitized by Google

bei Anwendung einiger Pflanzensäuren, statt der Mineralsäuren, eine günstige Einwirkung derselben auf die Vegetation beobachtet haben wollte, welches ebenso sehr den älteren Erfahrungen von Marcet[127]), Göppert[128]) u. A. widersprechen würde, als jene Beobachtungen durch die in neuester Zeit von Braconnot[129])

---

zu gewagten Annahme schuldig zu machen, dass die Bewegungen nicht allein von den die Ernährung der Pflanze bedingenden Kräften abhängig sind?"

Göppert (in Trommsd. Journ. f. Pharm. XVII. 1. S. 148) beschreibt diese Wirkung, wie folgt: „Die Fiederblättchen, die durch einen verdickten Blattstiel gehalten werden, behalten die Kraft, sich zusammen- und auseinanderzufalten, so lange, bis das Gift die Blattstiele selbst erreicht, worauf sie, wenn auch die Blättchen höchst wenig angegriffen zu sein scheinen, gänzlich unbeweglich werden. Wenn aber einige Blättchen an der Spitze des Fieders zerstört werden, so schliessen sich die untern und begeben sich nachher wieder von einander. Dies Alles scheint, wenn ich mich nicht irre, so zu erklären zu sein, dass das Zellgewebe der besondern Blattstiele alle Bewegung der Blättchen veranlasse."

[127]) Marcet: *Ueber die Wirkung der Gifte auf das Pflanzenreich;* Schweigg. Journ. XLV. 392. 1825. „Am 12. April um 10 Uhr wurde ein frisch von seinem Stocke abgeschnittener Rosenzweig, an dessen Spitze sich eine Rose befand, mit seinem untern Ende in eine Auflösung von 5 Gran Kleesäure in einer Unze Wasser gestellt. Am andern Morgen war die Farbe der äussern Blumenblätter viel dunkler geworden und die Blätter fingen an welk zu werden; die Pflanze hatte 7 Gran der Flüssigkeit absorbirt. Am 14. April waren die Blätter und der Stengel vollkommen vertrocknet und die Blumenblätter ganz welk geworden. Die Pflanze hatte in den letzten 24 Stunden nur 1 Gran der Flüssigkeit absorbirt und im Ganzen nur $\frac{1}{20}$ Gran reiner Kleesäure. Bohnenpflanzen starben in 24 Stunden in derselben Flüssigkeit ab. Wenn ich aber die Bohnenpflanzen in der Erde liess und hier mit einer Auflösung von Kleesäure begoss, so litten sie dadurch meistens nicht; ohne Zweifel ist dieser Umstand dem Kalkgehalte des Bodens zuzuschreiben."

[128]) Göppert siehe S. 457 Anmerk. 118.

[129]) Braconnot: *Ueber die zerstörende Einwirkung sehr verdünnter Säuren auf die Vegetation;* Ann. de Ch. et de Ph. III. Sér. XVIII. p. 164. Am 23. Juni wurde ein frischer Zweig einer in Blüthe stehenden Sauerampfer-Pflanze *(Rumex scutatus)* und eine Pflanze von *Oxalis stricta* (die also beide eine sehr beträchtliche Menge oxalsauren Kali's enthielten) in 30 Grammen Wasser, welche 1 Decigr. Oxalsäure enthielten, gestellt. Am 26. Juni hatte der Theil der *Rumex*-Pflanze, welcher in die Flüssigkeit hineintauchte, eine helle Farbe angenommen, welche sich längs dem Stengel bis zu den Blättern erstreckte, von denen der grösste Theil abgefallen war. Die *Oxalis* hatte dieser Einwirkung besser widerstanden, denn ihre saftigen Blätter schliessen sich am Abend und öffnen sich des Morgens; indessen war am 30. Juni der Stengel in einer Ausdehnung von ungefähr 8 Centimetern über das Niveau der sauren Flüssigkeit hinaus von dieser durchdrungen, wie die graue Färbung andeutete. Es wird vielleicht auffallend erscheinen, dass geringe Quantitäten schwacher Säuren wie zerstörende Gifte auf die Textur saurer Pflanzen einwirken, da diese bekanntlich eine grosse Menge dieser Säuren enthalten. Um diese anscheinende Anomalie zu verstehen, muss man bedenken: 1) dass die Vergiftung

Digitized by Google

über das Verhalten der *Kleesäure* angestellten Versuche widerlegt worden sind; es hat sich nämlich herausgestellt, dass auch die freien Pflanzensäuren einen gleichen Einfluss ausüben wie andere verdünnte Säuren.

Wie die freien Säuren, so müssen auch die *kaustischen Alkalien* zerstörend auf den Organismus der Pflanzen einwirken; sie führen ebenso, wie jene, den Untergang des Zellgewebes herbei und heben alle Functionen, die darin im normalen Zustande vorgehen, auf. Diese Fähigkeit besitzen nicht allein die *fixen* Alkalien, sondern sie kommt auch dem *flüchtigen* Alkali, dem *Ammoniak* zu, einer Substanz, die, wie wir früher gesehen haben, im gebundenen Zustande die Entwickelung und das Gedeihen der Pflanzen in einem so hohen Grade befördert, ja selbst in geeigneter Form und unter den erforderlichen Umständen den Pflanzen nothwendig dargeboten werden muss, indem diese bei völliger Abwesenheit des Ammoniaks auf keine Weise ihre vollkommene Ausbildung erlangen können. Wir haben schon beiläufig der mit dem Aetzammoniak von Göppert [130]) angestellten Versuche Erwähnung gethan, und wir fügen hier noch hinzu, dass Braconnot vor Kurzem diese dem Wachsthume der Pflanzen nachtheilige Wirkung auch bei dem in faulige Gährung übergegangenen Harne, selbst wenn derselbe in einem sehr verdünnten Zustande angewendet wurde, beobachtet hat, eine Wirkung, welche in ähnlicher Weise auch die wässerigen Lösungen des kohlensauren Kali's auszuüben schienen [131]).

---

der Pflanzen durch sehr scharfe, narkotische sowohl als saure Substanzen, welche sie selbst erzeugt haben, stattfinden kann, und 2) dass diese Substanzen in besonderen Zellen, auf welche sie keine Wirkung zu haben scheinen, abgesondert werden, während diese Wirkung auf die andern Zellen sehr wohl stattfindet, wenn jene Körper bis zu den äusseren Wänden derselben vordringen, indem sie durch die Wurzeln in den Intercellular-Gängen hinaufsteigen.

[130]) Göppert: Trommsd. Journ. a. a. O. S. 180 u. ff. „Den 10. März früh 8 Uhr stellte ich mit der Wurzel versehene Stengel von *Phaseolus vulgaris* in Aetzammoniak-Flüssigkeit; Abends 7 Uhr am nämlichen Tage sah ich sie um den dritten Theil ihres früheren Volumens verdünnt. Ebenso wie das Verderben des Stengels nach und nach zu den obern Theilen schritt, verdorrten auch die Blätter. Stengel von *Phaseolus*, *Tropaeolum*, *Erysimum hieracifolium*, *Rumex scutatus*, *Liqusticum levisticum*, *Hyoscyamus niger*, desgleichen Zweige von *Spiraea salicifolia, sorbifolia, Prunus Padus, Lauro-Cerasus* u. m. a. kamen alle auf diese Art um. — Dieselben schädlichen Wirkungen erfolgten, wenn die Pflanzen dem Hauche des Aetzammoniaks ausgesetzt wurden, nur mit dem Unterschiede, dass zu gleicher Zeit alle Theile derselben abstarben; hernach bemerkte ich, dass die grüne Farbe von *Pisum* in Weiss, und die von *Prunus Lauro-Cerasus* in Braun überging. — Die durch Ammoniak erloschene Lebenskraft suchte ich vergebens durch Säuren wieder zu erwecken."

[131]) Braconnot: *Ueber die zerstörende Einwirkung des mit vielem Wasser verdünnten Harnes auf die Vegetation;* Ann. de Ch.

Digitized by Google

In früherer Zeit war die Ansicht, dass der *Campher* eine die Vegetation reizende und befördernde Eigenschaft besitze, fast all-

---

et de Ph. III. Sér. XVIII. p. 166 u. ff. Am 27. Juni wurde ein Rosenzweig, welcher an der Spitze eine kaum entfaltete Blume trug, in 15 Grm. menschlichen Urin, der mit einer gleichen Quantität Regenwasser versetzt war, gestellt. Am 29. Juni war diese Pflanze fast ganz verwelkt, und man bemerkte auf dem grössten Theile des Stengels tiefbraune brandige Flecken. Am 7. Juli wurde ein blühender Rosenzweig von *Phytolacca*, mit einer Aehre an seiner Spitze, und eine junge Bohnenpflanze in verfaulten Urin gestellt, der auf Lakmuspapier alkalisch reagirte und mit dem 8fachen seines Volumens an Wasser verdünnt war. Am 8. Juli waren die *Phytolacca* und die Bohnenpflanze schon schlaff geworden und am 11. Juli waren alle 3 Pflanzen völlig vertrocknet. Andere Versuche führten zu denselben Resultaten. — Am 14. Juli wurden zwei junge Bohnenpflanzen mit ihren Wurzeln in eine Flasche gesetzt, welche 1 Litre Regenwasser, vermischt mit 30 Grm. fauligen Urins, enthielt, und in eine andere Flasche, die nur Regenwasser enthielt, zwei ähnliche Pflanzen. Am 17. Juli waren die Blätter der in der ersten Flasche befindlichen Bohnenpflanzen schon schlaff geworden und hingen herab; am 19. Juli waren sie verwelkt und einige fingen an zu vertrocknen, während die beiden andern Pflanzen, welche in blosses Regenwasser gestellt waren, fortfuhren zu vegetiren; sie hatten in dieser Flüssigkeit sogar schon Wurzeln von fast 1 Decimetre Länge getrieben. — Am 19. Juli wurden 10 Grm. fauliger Urin mit 1 Litre Regenwasser verdünnt und in das Gemenge zwei junge, mit ihren Wurzeln versehene Bohnenpflanzen gestellt; während 2 oder 3 Tage erhielten sie sich, ohne dass sie zu leiden schienen; aber am 23. Juli waren die Blätter dieser Pflanzen gelb, schlaff, hingen herab und runzelten sich in Folge einer beginnenden Vertrocknung. Wahrscheinlich wird eine noch geringere Dosis des Urins noch schädlich auf die Pflanzen einwirken; die Versuche wurden jedoch nicht weiter fortgesetzt. Braconnot bemerkt zu diesen Versuchen: „Ich weiss nicht, welche Substanz es ist, die auf die Pflanzen so zerstörend einwirkt; es wird verfänglich sein, diese Wirkung einem geringen Ueberschuss an Ammoniak zuzuschreiben, da, nach einigen Beobachtern, die Alkalien, in geringer Menge angewandt, der Vegetation förderlich zu sein scheinen, wie auch Davy behauptet, der Pflanzen üppig sich entwickeln sah, wenn sie mit Wasser, das $\frac{1}{100}$ kohlensaures Kali enthielt, übergossen worden waren. Ich habe am 13. Juli in eine Auflösung von 1 Decigrm. reinem kohlensaurem Kali in 30 Grm. Wasser eine junge, ihrer Wurzeln beraubte und noch mit ihren beiden ersten Blättern versehene Pflanze und einen Rosenzweig hineingesetzt, der an seiner Spitze eine sich eben entfaltende Knospe trug. Diese beiden Pflanzen conservirten sich während einiger Tage ziemlich gut; aber am 22. Juli waren sie fast gänzlich verwelkt, woraus folgt, dass, wenn das kohlensaure Kali der Vegetation förderlich sein kann, wenigstens die hier in Anwendung gebrachte Dosis noch viel zu gross war. Es schien mir, dass die Flüssigkeit, in welcher diese beiden Pflanzen vegetirten, zum Theil ihre alkalischen Eigenschaften verloren hatte. — Man sieht, dass die hier mitgetheilten Thatsachen der Ansicht der Landleute widersprechen, welche allgemein den fauligen Urin als eine die Vegetation in hohem Grade fördernde Substanz betrachten. In der That wird man einwenden können, dass diese Flüssigkeit vielleicht nur auf eine indirecte Weise vortheilhaft auf die Pflanzen einwirken kann; aber jedenfalls ist es wünschenswerth, dass dieser wichtige und noch dunkle Gegenstand von tüchtigen Agronomen sorgfältig studirt werde."

Digitized by Google

gemein verbreitet, indem Barton, Bernhardi und Wildenow [132]) beobachtet hatten, dass sich verwelkte Pflanzen in Campherlösung ungemein schnell erholten. Marcet [133]) und besonders Göppert [134])

---

[132]) Siehe in der Abhandlung: *Ueber die Einwirkung der Blausäure und des Camphers auf die Pflanzen*, von H. R. Göppert; Pogg. Ann. XIV. S. 247.

[133]) Marcet: *Ueber die Wirkung der Gifte auf Pflanzen*; Schweigg. Journ. XLV. S. 292. „Ich löste 3 Gran Campher in einer halben Unze schwachem Weingeist auf und brachte eine Bohnenpflanze hinein: sie starb nach 12 Stunden ab, aber ausserdem, dass die Blätter verwelkt waren, hatten die Blattstiele das Ansehen, als seien sie in der Mitte zerknickt."

[134]) Göppert a. a. O. S. 247 u. ff. Der Campher wirkt, wie aus den Versuchen sich ergab, gleich der Blausäure, nur auf die niedrigsten Stufen der Vegetation nicht schädlich. Schimmelbildung findet in mit Campherdunst erfüllten Gläsern Statt, hingegen Moose werden getödtet und nehmen hierbei die Farbe an, welche wir bei dem Vertrocknen derselben beobachten. Wenn abgeschnittene Theile der Pflanzen in Campherlösung (die durch 10 Minuten lang dauerndes Reiben zweier Grane Campher mit 1 Unze Wasser bereitet war) gebracht wurden, so begannen die Stengel nach dem Verlauf der Gefässe braun zu werden, ihr voriges Volumen verminderte sich, endlich vertrockneten sie wie die Blätter, bei denen diese Erscheinungen von den Blattrippen ausgingen. Nach dem verschiedenen Bau modificirten sich diese Phänomene. Am schnellsten traten sie bei den weichen, krautartigen Theilen der Dicotyledonen, langsamer bei den strauchartigen Stengeln derselben, namentlich bei den Coniferen, am spätesten, oft erst nach 8 12 Tagen, bei den Monocotyledonen und Farrnkräutern ein. Vergebens wurde durch Anwendung höchst verdünnter Campherlösung irgend eine reizende Eigenschaft desselben zu erforschen versucht. Milchabsondernde Pflanzen aus allen Familien verloren, wie durch Blausäure, ätherische Oele und Alkohol, die Fähigkeit, Milch abzusondern; mit sichtbarer Bewegung versehene Theile der Pflanzen, wie die Blüthen der Raute, Parnassie, Berberitzen, die Blätter der Leguminosen u. s. w. wurden gelähmt; aber nicht eher traten in beiden Fällen diese Erscheinungen ein, bevor nicht die oben beschriebene organische Zerstörung in diesen Theilen sichtbar ward. — Am entschiedensten und ungemein rasch wirkte die Ausdünstung des Camphers; Pflanzen aus den verschiedenartigsten Familien der Mono- und Dicotyledonen wurden in sehr kurzer Zeit getödtet, indem Blätter und Stengel eine braune Farbe annahmen und endlich vertrockneten. Erbsenpflanzen in einem 6 Unzen fassenden Glase eingeschlossen, welches 1 Gran pulverisirten Camphers enthielt, wurden in 6 Tagen vernichtet, jedoch trieben die Wurzeln auf's Neue Stengel, die jedoch bald einem ähnlichen Schicksal unterlagen. Merkwürdigerweise vermag der Campher die Keimfähigkeit der Samen nicht zu vernichten. Am 12. April wurden Samen von *Lepidium sativum* und *Avena sativa* mit einer halben Unze Campherpulver in einem 12 Unzen haltenden Glase eingeschlossen. Die nach 24 Stunden herausgenommenen Samen keimten zu eben derselben Zeit als andere, nicht so behandelte Samen gleicher Art. Dieser Versuch wurde täglich fortgesetzt bis zum 15. Mai und immer entwickelten sich die Keime, desgleichen am 28. Juni, ja auch noch am 22. August, obgleich nun die Samen über 4 Monat im Campherdunst gelegen hatten. Ebenso keimten auch die Samen in Campherlösung und mit derselben befeuchteten Erde, die jungen entwickelten Pflänzchen starben aber durch fortdauerndes Begiessen. Bei den getödteten Pflanzen zeigte der

Digitized by Google

erhielten aus zahlreichen Versuchen ein dieser Beobachtung entgegengesetztes Resultat, und der Letztere bemerkte, dass, wenn jene Forscher ihre Versuche längere Zeit hindurch fortgesetzt hätten, sie gefunden haben würden, dass jene Pflanzen sich nur erholten, um endlich der Einwirkung des Camphers zu erliegen. Göppert fand, dass die Einwirkung des Camphers auf die Vegetation der der in chemischer Hinsicht so verwandten *ätherischen Oele* sehr analog ist, und zwar dass hinsichtlich der Wirkung der Ausdünstung des Camphers 1 Gran desselben einem halben Grane ätherischen Oeles gleich kommt. Nach Leuchs [135]) hat der Campher nur nachtheilige Wirkungen, wenn man zu viel anwendet; in gehöriger Menge soll derselbe das Wachsthum ausnehmend befördern und grössere, schwerere und gewöhnlich auch weniger wässerige Pflanzen machen, weswegen Leuchs glaubt, dass diese Substanz beim Gartenbaue vortheilhaft benutzt werden könnte. Derselbe Beobachter schreibt ferner den wässerigen Auflösungen von *Terpentin-, Thymian-, Anis-, Fenchel-, Lavendel-, Pfeffermünzöl* und von *brenzlichem thierischem Oele* eine gleiche, die Vegetation reirende und fördernde Kraft zu, und selbst der *Weingeist*, in mässiger Menge angewendet, soll den Pflanzen nützlich sein [136]).

Auch die *narkotischen Pflanzenstoffe*, die *vegetabilischen Gifte* sind hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Vegetation mehrfach geprüft worden. Marcet [137]) fand, dass Bohnenpflanzen in sehr verdünnten

---

überall in ihrer Substanz stattfindende Camphergeruch die wirkliche Aufnahme desselben in das Innere des Vegetabils, und die anatomische Untersuchung, dass auch hier ähnliche Veränderungen, wie sie die Blausäure, Alkohol und ätherischen Oele hervorzubringen pflegen, eingetreten waren, nämlich eine Lähmung der Function des Zellgewebes, Vernichtung des *Turgor vitalis*.

[135]) Leuchs: *Ueber die Wirkung einiger Stoffe auf die Pflanzen;* Pogg. Ann. XV. 153—157. „Ich habe den Campher bei Hafer, Gerste, Weizen, Roggen, Haldekorn, Erbsen, Wicken, Bohnen, die sowohl im Sonnenlichte als bei Ausschluss des Lichtes, in Gartenerde, in Sand, in Holzspänen, in gewöhnlichem Wasser wuchsen, sowie bei mehreren Wasserpflanzen, als *Veronica Anagallis* et *Beccabunga, Lysimachia Nummularia*, ja sogar bei *Lemna minor* und der *Conferva*, sowie auf einem Grasplatze im Freien, mit dem besten Erfolg angewandt. Soll der Campher jedoch günstig wirken, so muss man eine schwache Auflösung desselben in Wasser bereiten, indem man Campherstücke eine Woche lang mit Wasser in Berührung lässt, das davon Geruch und Geschmack annimmt und in den meisten Fällen unverdünnt zum Begiessen ohne Nachtheil dienen kann."

[136]) Leuchs a. a. O. S. 155. „Kommen die Oele in ihrem natürlichen Zustande auf einen Theil einer Pflanze, so stirbt er bald ab. Dies erfolgte auch, als ich Thonerdepulver, das mit Lavendelöl und Terpentinöl getränkt worden war, auf einen Grasplatz ausstreute; die Pflanzen erholten sich aber bald und das Wachsthum war ausgezeichnet gut."

[137]) Marcet: *Ueber die Wirkung der Gifte auf die Pflanzen;* Schweigg. XLV. 386 u. ff. Die Blätter der jungen Bohnenpflanzen

Digitized by Google

wässerigen Auflösungen von *Opium*, in den Extracten der *Brechnuss*, der *Kockelskörner*, von *Belladonna*, *Schierling* und *Fingerhut*, unter mehr oder weniger sich gleichbleibenden Erscheinungen, gewöhnlich schon innerhalb 24 Stunden abstarben. Aus diesen Versuchen würde also hervorgehen, dass die dem thierischen Organismus so nachtheiligen narkotischen Gifte eine ähnliche verderbliche und feindliche Wirkung auch auf die mit ihnen in Berührung gebrachten lebenden Pflanzen ausübten. Göppert[138]) hat jedoch

---

fingen gewöhnlich schon wenige Augenblicke, nachdem sie in die Extracte hineingestellt waren, an sich zu kräuseln, herabzuhängen; nach 24 Stunden waren die Blattstiele gekrümmt und gleichsam in ihrer Mitte geknickt und alle Blätter verwelkt. — „Ich versuchte auch die Wirkung der Brechnuss *(Nux vomica)* auf einen Fliederbaum zu bestimmen, in dessen beinahe zolldicken Stamm am 15. Juni eine $1\frac{1}{2}$ Zoll lange, bis in das Mark eindringende Spalte gemacht und 15 Gran in Wasser gelöstes Brechnuss-Extract auf diesem Wege eingebracht wurde. Die Ränder der Spalte wurden durch einen Weidenband in ihrer natürlichen Lage festgehalten. Am 28. Juli fingen die Blätter der beiden grossen Zweige, welche der Stelle, wo das Gift eingebracht worden war, am nächsten lagen, an trocken zu werden; am 3. August waren sie ganz vertrocknet. Die andern Zweige vertrockneten im Laufe des Sommers."

[138]) H. R. Göppert: *Ueber die Einwirkung der sogenannten narkotischen Gifte auf die Pflanzen;* Pogg. Ann. XIV. 252—259. Infusionen, Abkochungen und frisch ausgepresste Säfte, je nach der Natur der Pflanze, von nachstehenden, dem thierischen Leben schädlichen Stoffen, wurden zu diesen Versuchen verwandt: *rad. et hb. Belladonnae, hb. Conti maculati, rad. et hb. Cicutae virosae, hb. et sem. Daturae strammonii et Metel, hb. et sem. Hyoscyami nigri et pallidi, hb. Aconiti Napelli et Cammari, hb. Lactucae virosae, hb. Digitalis purpureae et ambiguae, cort. Angusturae spuriae seu Bruceae ferrugineae, nuces vomicae, faba St. Ignatii, sem. Cocculi.* Folgende Resultate ergaben sich aus den mit diesen Substanzen angestellten Versuchen: Samen *(sem. Avenae sativae, Tritici sativi, Lepidii sativi, Pisi sativi, Tropaeoli majoris)* keimen in concentrirten Aufgüssen jener Stoffe ebenso, als wenn sie in Erde befindlich mit diesen Flüssigkeiten begossen wurden. Erbsen und Hafer trieben unter andern auch in der frischen Wurzel Keime, obgleich sie beständig mit dem den Thieren so schädlichen in den Zellen enthaltenen Saft desselben in Berührung waren, und wuchsen während 3 Wochen, vom 21. Juni bis 16. Juli fort, bis sie endlich von der die Wurzel bereits zerstörenden Fäulniss ergriffen wurden. — Bereits entwickelte Pflanzen sterben zwar in den concentrirten Aufgüssen und den frisch ausgepressten Säften derselben (mit Wurzeln versehene später als abgeschnittene Stengel), aber nicht früher als in andern, eine gleiche Menge ausziehbarer Theile enthaltenden, indifferenten, oben bereits genannten Flüssigkeiten. Jedoch findet hier eine ausserordentliche Verschiedenheit rücksichtlich der Individualität der Pflanzen und der Temperatur, bei welcher diese Versuche angestellt wurden, Statt. Alle diese Abweichungen sind, wie aus andern Versuchen hervorgeht, in den Veränderungen begründet, welche die verschiedenen extractiven Theile der Pflanzen durch allerlei chemische Processe, saure und geistige Gährung, Ausscheidung von Salzen u. dgl. erleiden. Manche Pflanzen, wie z. B. *Sisymbrium amphibium*, Blätter von Sträuchern, vertragen nur eine äusserst geringe Menge Extractivstoff, andere, wie z. B. die Erbsen, dauern in höchst concentrirten Aufgüssen längere Zeit aus; einige sterben bald, wenn

Digitized by Google

mit Recht darauf aufmerksam gemacht, dass, wenn diese Gifte auch das gewöhnliche Wachsthum der Pflanzen stören und endlich ganz aufheben, wir doch keineswegs den Grund dieses Verderbens in einer *dynamischen, die Vegetationskraft direct lähmenden* Wirkung jener Substanzen suchen dürfen, sondern in eigenthümlichen Veränderungen, welche die Gefässe der Pflanze durch die verschiedenartigen Stoffe erleiden, die unter dem Namen Extractivstoff begriffen werden. Um diese Ansicht zu begründen, hat Göppert bei allen seinen, hierher gehörigen Untersuchungen, wenn er Pflanzen in Auflösungen narkotischer Stoffe brachte, Gegenversuche mit Auflösungen für das thierische Leben völlig indifferenter Substanzen, als Aufgüsse von *rad. et hb. Taraxaci, hb. Furfarae* und

---

bei hoher Temperatur die Zersetzung der Flüssigkeiten beginnt, andere wachsen selbst unter der mit Schimmel bedeckten Oberfläche derselben fort, wie z. B. Erbsenpflanzen in Kockelskörnerdecoct. Zwiebeln von *Hyacinthus orientalis* trieben in diesen Aufgüssen zwar Wurzeln, welche aber bald mit einem braunen Ueberzug bedeckt wurden und dann anfingen zu faulen; Zwiebeln von *Allium Cepa* wachsen hingegen lange Zeit in jenen Auflösungen fort und schwängern sich z. B. in Krähenaugenaufguss bei fortbestehendem Leben der Pflanze mit diesem Stoff, wie der stark bittere Geschmack des sonst nicht bittern Krautes derselben entschieden beweist. — Ebenso völlig indifferent in Beziehung auf dynamische Wirkung verhalten sich die oben genannten Substanzen gegen die mit sichtbarer Bewegungsfähigkeit oder sogenannter Reizbarkeit versehenen Theile der Vegetabilien. Pflanzen der *Mimosa pudica* mit den concentrirten Auflösungen jener schädlichen Stoffe begossen, fangen nach einiger Zeit an kränklich und mithin weniger empfindlich zu werden, wenn der Boden mit dem Extractivstoffgehalt dieser Flüssigkeiten überladen ist; wird dieser aber durch häufiges Begiessen mit Wasser entfernt und weggespült, so erholen sie sich und erlangen ihre vorige Empfindlichkeit wieder. Blattfiedern der genannten Pflanze, die in jenen giftigen Auflösungen sich befinden, öffnen sich am Morgen und schliessen sich am Abend mehrere Tage hindurch regelmässig, verlieren jedoch diese Fähigkeit früher als andere, die in reines Wasser getaucht sind. Jedoch ist hier die Temperatur der Atmosphäre und der Flüssigkeit sehr zu berücksichtigen, da sich bekanntlich mit Erniedrigung derselben auch die Reizbarkeit der Pflanze vermindert und man wohl leicht verleitet werden dürfte, die hieraus resultirende geringere Empfindlichkeit der Wirkung des Giftes zuzuschreiben u. s. w. — Samen keimen und gekeimte Samen entwickeln sich ungehindert in verschlossenen, mit den *Ausdünstungen* jener Stoffe erfüllten Gefässen. Wegen beginnender Fäulniss der letztern Substanzen konnten diese Versuche jedoch selten länger als 8 Tage fortgesetzt werden, mit dem trocknern Opium aber gelang es Monate lang. Unter andern nur einen Versuch: Am 28. April 1827 ward die Spitze einer zum Theil ihrer Oberhaut entblössten Bohnenpflanze *(Phaseolus coccineus L.)* in einen ziemlich geräumigen Glaskolben geleitet, in welchem sich 3 Unzen in kleine Stücken zerschnittenen Opiums befanden. Die Entwickelung der Pflanze ging rasch vorwärts, und erst am 20. Juni, also fast nach 2 Monaten, begann die Pflanze wegen Mangel an Raum, zu kränkeln. — Auch die Reizbarkeit und Bewegungsfähigkeit der Gewächse wird durch die Ausdünstung jener Stoffe nicht gestört; und endlich ist nicht nur die Ausdünstung der des Lebens beraubten, oben genannten giftigen Pflanzen, sondern auch die der lebenden für die Vegetation völlig unschädlich.

Digitized by Google

dergl., die aber eine gleich grosse Menge ausziehbaren Stoffes enthielten, angestellt und sich immer überzeugt, dass die mehr oder minder den Pflanzen schädliche Wirkung derselben nur dem grössern oder geringern Gehalte an letzterem beizumessen war. Die fast gleichzeitig mit Göppert von Macaire Princep angestellten Versuche über das Verhalten einer wässerigen Opiumlösung gegen die Mimosenblätter lieferten diesem Forscher wieder ein, dem von Marcet erhaltenen, ähnliches Resultat, indem jene giftige Flüssigkeit die Contractilität dieser Pflanzentheile verschwinden machte [139]). Ferner fand Macaire Princep, dass der Saft des *Bilsenkrauts*, der *Springgurke* und des *Stechapfels*, wie für andere Pflanzen, so auch für die Pflanzen giftig ist, aus welchen er herstammt [140]). Leuchs dagegen gelangte durch Versuche zu dem Resultat, dass die narkotischen Pflanzengifte auf die Pflanzen als Düngmittel wirkten und nur oftmals einen schädlichen Einfluss ausübten, wenn jene Extracte in Gährung übergegangen sind [141]). Man sieht also, dass hinsichtlich des Verhaltens der

---

[139]) Macaire Princep; Pogg. Ann. XIV. 510 und 511. „Ein Mimosenblatt wurde in eine verdünnte Opiumlösung anderthalb Stunden lang gestellt. Nach einigen Minuten breitete es sich aus, wie im Wasser, und eine halbe Stunde hernach geprüft, gab es die gewöhnlichen Anzeigen von Contractilität. Nach 6 Stunden war es noch ausgebreitet und, wie es schien, im gesunden Zustande; allein es vermochte nicht mehr auf Reiz sich zu bewegen. Reines Wasser stellte das Zusammenziehungsvermögen der Blattfiedern nicht wieder her. Ein grosser Zweig, der um 11 Uhr 25 Minuten in eine Opiumlösung gestellt worden war, breitete sich darin aus und seine Blattfiedern entfalteten sich; allein schon um 12 Uhr hatte er einen grossen Theil seiner Empfindlichkeit verloren, und seine Fiedern, obgleich noch lebend, waren wie eingeschlafen und bedurften eines mehrmaligen Reizes, um sich zusammenzulegen. Um 12½ Uhr waren die Contractionen gänzlich verschwunden und eine Stunde hernach schien der Zweig abgestorben zu sein."

[140]) Macaire Princep: *Ueber die Vergiftung der Pflanzen durch ihre eignen Gifte;* Pogg. Ann. XIV. 514—516. Die untersuchten Pflanzen waren: *Datura strammonium*, *Hyoscyamus niger* und *Momordica Elaterium*. 1) Frisch abgeschnittene Zweige dieser Pflanzen, in destillirtes Wasser gestellt, welches 1 bis 5 Gran von dem Extracte derselben aufgelöst enthielt, fingen bald an zu verwelken und starben nach 1 oder 2 Stunden völlig ab. Zweige dagegen, die in Wasser mit einem gleichen Gehalte an Gummi aufbewahrt worden waren, hatten nichts gelitten. 2) Zweige, die in den mit Wasser vermischten frischen Saft der Pflanzen, von denen sie abgebrochen waren, gestellt wurden, kamen fast in demselben Zeitraume um. 3) Exemplare jener 3 Giftpflanzen endlich, die in Gefässen aufgezogen und, nachdem sie sich in voller Kraft befanden, mit Wasser, welches eine gewisse Menge von dem Safte aus ihren eignen Zweigen gelöst enthielt, begossen worden waren, fingen bald an zu verwelken und umzukommen.

[141]) Leuchs: *Ueber die Wirkung einiger Stoffe auf die Pflanzen;* Pogg. Ann. XV. 155. „Pflanzengifte scheinen auf die Pflanzen nicht als solche, sondern als Düngmittel zu wirken; dies fand ich bei *Jalappe* und *Gummigutta*, den Aufgüssen auf Tabak, Schierling,

Digitized by Google

Pflanzengifte und der Extracte überhaupt gegen die Vegetation noch manche Fragen zu lösen übrig bleiben und noch manche Widersprüche zu erklären sind, wenn wir auch den von Göppert angestellten zahlreichen Versuchen und den aus ihnen abgeleiteten Schlussfolgerungen ein grösseres Vertrauen als den andern Beobachtungen zu schenken geneigt sind. Göppert[142]) hat endlich eine Reihe von Versuchen ausgeführt, um zu beweisen, dass die genannten, den Thieren so feindlichen Stoffe von den Vegetabilien, unbeschadet ihrer Existenz, wirklich aufgenommen werden. Er bemerkt ferner, wie die Erörterung der Frage, ob nicht ein Theil dieser Stoffe auch von dem Vegetabil völlig assimilirt werde, weit interessanter und für die gesammte Lehre der Ernährung erspriess-

---

Niesswurz, Euphorbium-Gummi, spanischem Pfeffer, Sennesblättern, Wermuth. Geräth jedoch die Auflösung, in der sie stehen, oder die damit begossene Erde in Gährung, so welken und verderben sie. Dieser Umstand verdient bei Versuchen Beachtung, da Zucker, Gummi, viele Farbstoffe an sich sehr gute Düngmittel sind, aber die Gährung, welche bald eintritt, ihre Wirkung aufhebt und sie oft schädlich macht."

[142]) H. R. Göppert: *Ueber den unmittelbaren Uebergang von, den thierischen Körpern schädlichen, Stoffen in die Organisation der Pflanzen, unbeschadet der Existenz derselben;* Pogg. Ann. XV. 487—493. Es wurde eine Auflösung von essigsaurem Strychnin und Morphin, oder das durch Behandlung mit Weingeist von Schleim befreite Extract der Krähenaugen in die innern, die künftige Blüthe einhüllenden Schuppen von verschiedenen Zwiebeln gebracht; der grösste Theil derselben gelangte zu völliger Entwickelung, d. h. Blätter- und Blüthenbildung. Bald nach ihrer Entwickelung zeigte bei den mit Strychnin und *Extr. Nuc. vomicae* imprägnirten Zwiebeln der entschieden bittere, diesen Vegetabilien sonst nicht eigne Geschmack die wirkliche Aufnahme und Verbreitung dieser Stoffe. Die zerquetschten Blätter wurden mit Wasser zerrieben, der Saft mit Weingeist vermischt, filtrirt, eingedampft und mit einigen Tropfen Ammoniak versetzt. Nach 24 Stunden hatten sich deutlich kleine Krystalle abgesetzt; diese wurden in verdünnter Salpetersäure gelöst und die Lösung zur Trockne abgedampft, wodurch man eine rothe, sehr bitter schmeckende Salzmasse erhielt. Auch wurden die 2 Drachmen wiegenden Blätter einer jener Imprägnirten Hyacinthenzwiebeln mit einer doppelten Quantität destillirten Wassers zerrieben, und 10—12 Tropfen dieser Flüssigkeit waren hinreichend, eine Goldammer zu tödten; Saft von nicht imprägnirten Hyacinthen bewies sich völlig unschädlich. „Noch ergab die nähere Besichtigung dieser Zwiebeln, dass alle Theile derselben, selbst die mit der Mutterpflanze nur wenig zusammenhängende kleine Brut und auch die Wurzeln, die genannten Stoffe enthielten, hingegen das Wasser, worin sie vegetirten, welches die Imprägnationsstelle nicht umspülte, war völlig frei davon. Auch die Wurzeln anderer Pflanzen verhalten sich auf ähnliche Weise. So kann nach meiner Erfahrung die Wurzel des Wasserschierlings Wochen lang in reinem Wasser vegetiren, ohne dass die Flüssigkeit auch nur eine Spur des in dieser Pflanze enthaltenen giftigen Stoffes aufnimmt; dies geschieht jedoch alsbald, wenn die Wurzel zu faulen beginnt; Beobachtungen, deren weiterer Verfolg für die Lehre des Ausscheidungsprocesses der Wurzeln, meiner Meinung nach, nicht unwichtige Resultate herbeiführen kann."

Digitized by Google

licher sein würde, und behält sich vor, hierüber weitere Untersuchungen anzustellen; ob jedoch diese wirklich zur Ausführung gekommen und veröffentlicht worden sind, ist uns unbekannt geblieben.

Man hat mehrfach die Beobachtung gemacht, dass Bäume hinfällig werden und in Kurzem absterben, wenn ihre Wurzeln mit den losgerissenen Ueberbleibseln der Wurzeln von an diesen Stellen gefällten Eichen in Berührung kamen. Payen[143]) wies nach,

---

[143]) Payen: *Versuche, die Wirkung des Gerbestoffs und mehrerer anderer Agentien auf die Wurzeln der Pflanzen betreffend;* Journ. f. pr. Ch. III. 6—11. Payen hatte vorläufig gefunden: 1) dass der Gerbestoff die Wirkung jenes unmittelbaren Grundstoffes, dessen Entwickelung und Einfluss beim Keimen gewisser Samen die Chemiker und Physiologen angenommen haben, der Diastase, völlig zu verhindern im Stande sei; 2) dass der Gerbestoff auf das Amidon wirke, indem er dessen Theile zusammenzieht, es minder löslich macht, und sogar die Wirkung zerstört, durch Jod eine blaue Farbe anzunehmen. Man weiss ferner, dass der Gerbestoff verschiedene stickstoffhaltige Substanzen aus ihren Auflösungen fällt, und dass seine freiwillige Veränderung Anlass gebe zu einer reichlichen Bildung von Gallussäure. — Es wurden Samen von Weizen, Gerste, Hafer und von türkischem Korne mit gleichen Mengen verschiedener Flüssigkeiten, alle unter übrigens gleichen Umständen, in Berührung gebracht. In einer Auflösung von 0,001 Gerbestoff in destillirtem Wasser nahmen alle Wurzelchen nach und nach eine braune Färbung an und entwickelten sich nur sehr wenige und unvollkommen. Die Blattfiederchen blieben weisslich, aber sie entwickelten sich nicht zu grünen Stengeln. Von Seiten dieser Flüssigkeit wurde demnach eine sehr deutliche, jede weitere Entwickelung hemmende Wirkung ausgeübt. Als die geringe Menge des freien Gerbestoffs, in Folge seiner Reaction auf das Satzmehl und auf den Kleber der Samen, verschwand, so trieben einige derselben seitenständige Wurzeln, welche weiss blieben, während die ersten Wurzelchen sehr kurz und braun ohne irgend ein Zunehmen verharrten, was ebenfalls die Zerstörung ihrer schwammigen Erdtheile, ohne dass dessenungeachtet das Leben des Embryo erloschen wäre, beweist. In der That ging fernerhin die Entwickelung des Blattfederchens zu einem grünen Stengel, dem Fortschreiten der neuen Wurzeln gemäss, von Statten. — Es wurden ferner mehrere Pflänzchen von in destillirtem Wasser entwickeltem Weizen, dessen Wurzeln bereits eine Länge von 3 bis 5 Centim. erreicht hatten, in jene Gerbestofflösung gestellt; nach 2 Tagen nahmen die Wurzeln deutlich eine bräunliche Färbung an, die constant an allen schwammigen Enden viel dunkler war und die sich nach und nach der Flüssigkeit mittheilte. Die Stengel wurden stufenweise blässer grün, späterhin schwach gelblich; die Entwickelung der Wurzeln hörte auf, und die der Stengel verlangsamte sich dergestalt, dass nach Verlauf von 10 Tagen ihre Länge fast um die Hälfte geringer war als diejenige, welche ähnliche Samen im blossen Wasser erlangt hatten. — In einer, 0,002 reinen Gerbestoff enthaltenden Lösung wurden die schwammigen Enden der Wurzeln von Weizenkörnern nach Verlauf von 24 Stunden, bei 15° bis 17° Temperatur, merklich gebräunt.

In destillirtem Wasser, in einer Flüssigkeit, die 0,001 von der gesättigten Lösung von kohlensaurem Natron, und in einer Lösung, welche 0,001 Gerbestoff enthielt, fand die Keimung in dieser Reihenfolge Statt; in einer Flüssigkeit, welche 0,001 Schwefelsäure, in einer andern, welche 0,01 kohlensaures Natron enthielt, und in mit Kalk gesättigtem

Digitized by Google

dass der in der Eichenrinde enthaltene *Gerbestoff* die wahrscheinliche Ursache dieser Erscheinung sei, denn diese Substanz übt, nach Payen's Versuchen, selbst in schwachen Verhältnissen auf die Wurzeln gewisser Pflanzen eine tödtliche Wirkung aus. Derselbe Chemiker schloss aus den Resultaten gleichzeitig ausgeführter Versuche, dass die Säuren in gewissen, selbst schwachen Verhältnissmengen dem Keimen und der Entwickelung der Pflanzen nachtheilig sind; dass eine schwache alkalische Reaction dem Fortschreiten der Vegetation günstig ist, und dass die Sättigung der beim Keimen entwickelten Säure die Fortschritte desselben beschleunigt und die fernerweitige Entwickelung begünstigt. Nach diesen Behauptungen wirken also die sauren Stoffe auf das Keimen der Samen nachtheilig ein, und sie würden also sich gegen dasselbe ebenso verhalten, wie gegen die schon in ihrer Entwickelung begriffenen, mehr ausgebildeten Pflanzen und wie wir bereits in diesem Capitel auseinander gesetzt haben; hiermit im Widerspruche stehen die in dem Capitel über das „*Keimen der Samen*" mitgetheilten Thatsachen über die günstige Wirkung des Chlors, Broms u. s. w. und die dort angedeuteten Beobachtungen verschiedener Naturforscher über das Verhalten freier Säuren bei dem Keimprocesse; ferner scheinen auch die zahlreichen von Göppert[144]) angestellten

---

Wasser vermochte sie nicht einzutreten. Das destillirte Wasser wurde bald schwach sauer. Die Entwickelung der Stengel von dem grössten Theile der Samen, die anfangs ein wenig schneller als in der Flüssigkeit mit 0,001 kohlensaurer Natronlösung vorschritt, verlangsamte sich im Vergleiche mit derjenigen, die in dieser letztern Flüssigkeit stattfand. Als diese letztere von durch die Vegetation ausgeschiedener Säure neutralisirt wurde, stellte man das ursprüngliche Verhältniss des alkalinischen Salzes wieder her. In beiden Flüssigkeiten hatten die meisten Wurzeln und grünen Stengel nach Verlauf von 14 Tagen eine Länge von mehreren Centimetern.

[144]) Göppert: *Ueber die Wärmeentwickelung in den lebenden Pflanzen*, Wien 1832. Vgl. a. Journ. f. pr. Ch. III. 11—14. „Jod und Brom üben eine gleiche keimungsbefördernde Wirkung aus als Chlor, wie denn z. B. ein 15 Secunden langer Aufenthalt der Samen von *Camelina (Myagrum) sativa* hinreichte, die Entwickelung der Keime schon nach wenigen Stunden hervorzurufen, während dies im blossen Wasser erst innerhalb 24 Stunden erfolgte. — Wendet man Salzsäure, Jodwasserstoffsäure, Bromwasserstoffsäure in so verdünntem Zustande an, wie sie eine Chlor-, Jod- oder Bromlösung von bestimmter Stärke bei Berührung mit organischen Substanzen zu bilden im Stande ist, so keimen die Samen darin ebenso rasch; als in den Lösungen dieser einfachen Stoffe, woraus erhellt, dass bei den Wirkungen der letzteren weder der etwaige aus dem Wasser ausgeschiedene Sauerstoff, noch irgend ein anderer Stoff, sondern allein die neu gebildete Säure die keimungsbefördernde Wirkung ausübt. — Auch alle übrigen Säuren, wie Schwefel-, Salpeter-, Wein-, Benzoë-, Citronen-, Klee-, Essig- und Gallussäure, beschleunigen im verdünnten Zustande das Keimen, und der Grad der nöthigen Verdünnung war bei verschiedenen Samen auch verschieden. So z. B. erforderte Essigsäure mindestens 400, Schwefel-, Salpeter-, Salz- und Kleesäure immer 100 Theile Wasser, Phosphorsäure und Weinsäure nur 50 Theile; concentrirtere Lösungen wirkten

Digitized by Google

Versuche keineswegs die Richtigkeit der Behauptungen Payen's zu bestätigen; im Gegentheil stimmen die Resultate derselben mit den früheren Beobachtungen überein, nach welchen die Säuren in hinlänglich verdünntem Zustande den Keimprocess zu beschleunigen im Stande sind, dagegen die fixen Alkalien eine das Keimen retardirende Wirkung ausüben.

In dem vorhergehenden Abschnitte dieses Werkes, der von dem Wachsthume und der Ernährung der Pflanzen handelte, haben wir über das Verhalten verschiedener unvermischter *Gase* gegen lebende Pflanzen mehrmals Mittheilungen gemacht und in dieser Hinsicht namentlich der Versuche de Saussure's Erwähnung gethan, welche vorzugsweise das reine *Sauerstoff-*, *Kohlensäure-*, *Kohlenoxyd-*, *Stickstoff-* und *Wasserstoffgas* betrafen, also Gase, deren nachtheilige Aeusserungen auf die Vegetation nicht auf einer direct giftigen und unmittelbar zerstörenden Eigenschaft beruhen, sondern in dem Mangel an dem zum anhaltenden Wachsthume der Pflanzen unentbehrlichen Kohlensäure- und Sauerstoffgase ihren Grund haben. Zu diesen Versuchen können wir hier noch die von Marcet[145]) angestellten Beobachtungen hinzufügen, nach welchen

---

tödtend ein. Dagegen ging der Grad der Verdünnung, den sie unbeschadet ihrer keimungsbefördernden Eigenschaften erleiden konnten, bei den meisten fast über die Gränzen der chemischen Reaction hinaus. So zeigte sich die Phosphorsäure in 4800facher, Salz- und Schwefelsäure in 8000facher, Essigsäure in 16000facher, Citronen- und Kleesäure in 20000facher, Salpeter- und Weinsäure in 25000facher Verdünnung noch wirksam. — Ein ganz entgegengesetztes Verhalten zeigten die fixen Alkalien, das Kali und Natron, die, in verdünntem Zustande, eine das Keimen retardirende Wirkung ausübten, so dass die Samen in diesen Flüssigkeiten an 24 bis 30 Stunden später als in reinem Wasser keimten; doch waren die Gränzen, innerhalb welcher die Verdünnung derselben noch Wirkung ausübte, nicht so ausgedehnt und bewegten sich nur zwischen 400 und 40000. — Die Samen aus den einzelnen Familien zeigten in den angegebenen Beziehungen oft Abweichungen von einander und boten Anomalien dar, zu deren Aufklärung noch eine höchst ausgedehnte Reihe von Experimenten nöthig ist. Am schnellsten und besten gelangen die Versuche mit Samen aus den Familien der Cruciferen."

[145]) Marcet: *Wirkung verschiedener Gasarten auf die Pflanzen;* Schweigg. Journ. XLV. 394 u. ff. Die Gase waren über Wasser aufgefangen; die Wurzeln einer jeden der hier geprüften Bohnenpflanzen befanden sich in einem der Recipienten, die an ihrem Gipfel durchbohrt waren, um Stamm und Blätter hindurch zu lassen, so dass sich diese in der Luft des Zimmers befanden; diese Oeffnungen waren hermetisch verschlossen. In *atmosphärischer Luft* befand sich die Pflanze 24 Stunden lang vollkommen wohl; nach diesem Zeitraume welkten die Blätter nach und nach. In *Wasserstoffgas* fing die Pflanze nach 4—6 Stunden an zu welken, nach 14 bis 16 Stunden war sie völlig abgestorben; in *Kohlensäure* fing sie nach 1—2 Stunden an zu welken, nach 8—10 Stunden war sie abgestorben. In *Salpetergas* fingen die Blätter der Pflanze erst nach 6 Stunden an herabzuhängen und erst nach 12 Stunden starb sie ab. Die Blätter der in *Stickgas* eingesenkten Pflanze fingen fast augenblicklich an herabzuhängen; nach 3 Stunden

Digitized by Google

ebenfalls die angeführten Gasarten im unvermischten Zustande die Vegetation nicht zu unterhalten im Stande sind. Ausser diesen giebt es auch Gase, welche durch ihre chemischen Eigenschaften unmittelbar zerstörend auf den Organismus der Pflanze einwirken; zu diesen gehören die *sauren Gase*, deren schädlicher Einfluss nach dem, was wir oben über das Verhalten des Dunstes der wässerigen Blausäure, Salzsäure und anderer flüchtiger Stoffe gesagt haben, von selbst schon einleuchtet; Turner und Christison [146]) haben

---

hatten sich die obern Blätter sammt dem Stengel ganz abwärts geneigt und waren verwelkt, und nach 5 Stunden waren auch die untern Blätter welk geworden.

[146]) E. Turner und R. Christison: *Ueber die Wirkungen der giftigen Gase auf Pflanzen;* Pogg. Ann. XIV. 259—273. Wirkung der *schwefligen Säure:* $\frac{1}{4}$ Cb. Z. dieses Gases zu 509 Cb. Z. Luft gesetzt, bewirkte, dass eine Resedapflanze nach 3 Stunden anfing ihre Farbe zu verlieren und zu verwelken; auch wenn die Menge des schwefligsauren Gases nur den 9000sten Theil der Luft ausmachte, war die schädliche Einwirkung noch auffallend. „Die Wirkung dieses Giftes ist dem gewöhnlichen Absterben der Blätter im Herbst sehr ähnlich. Das Gas betrug, in mehreren Versuchen, nur den 10000sten Theil der Luft und doch waren alle entfaltete Blätter in 48 Stunden fast zerstört. Wir bemerkten, dass das Verwelken und Kräuseln der Blätter immer eine oder zwei Stunden lang, nachdem die Pflanzen in freie Luft gebracht worden, zunahm, so dass einige Blätter, welche anscheinend unter der Glocke nur wenig gelitten hatten, hernach in der Luft schnell und gänzlich abstarben. Bei diesen geringen Antheilen vom Gase wurde indess die ganze Pflanze niemals getödtet. Nahe an den Stielen blieben, besonders bei den obern Blättern, einzelne Segmente grün und saftig, und die Knospen trieben frische, doch gewöhnlich welke Blätter. Selbst wenn das Verhältniss des Gases grösser war, wurden die Pflanzen nicht gänzlich getödtet; der Stamm wurde nur angegriffen, wenn man die Gasmenge beträchtlich vermehrte, und selbst dann litt nur der obere Theil desselben." Das *salzsaure* Gas verhält sich dem schwefligsauren ähnlich, nur dass seine Wirkungen noch stärker zu sein schienen. 2 Cub. Z. mit 400 Mal so viel Luft gemischt, färbten die Blätter einer Resedapflanze innerhalb 10 Minuten graulichgelb, machten sie darauf verwelkend und tödteten sie in 5 Stunden gänzlich, wo dann die Blätter feucht und sauer waren. Selbst noch $\frac{1}{4}$ Cb. Z. des salzsauren Gases mit 10000 Theilen Luft verdünnt, tödtete einen 5 Zoll hohen *Laburnum* und einen kleinen Lärchenbaum in weniger als 2 Tagen. „Ja wir fanden späterhin, dass $\frac{1}{10}$ Cb. Z. dieses Gases in 20000 Raumtheilen Luft beinahe dieselben Wirkungen hervorbrachte. In 24 Stunden waren die Blätter eines *Laburnums* sämmtlich an den Rändern aufgerollt, vertrocknet und entfärbt; und obgleich die Pflanze darauf in die freie Luft gebracht wurde, schrumpften sie doch zusammen und starben." Das *salpetrigsaure* Gas wirkt auf gleiche Art und scheint ebenso tödtlich zu sein als die angeführten Gase, und zu derselben Classe von Gasen analoger Wirkung gehört auch das *Chlorgas*, welches jedoch das Leben der Pflanze nicht so rasch und energisch zerstört; 2 Cb. Z. Gas, mit 200 Th. Luft vermischt, fingen erst nach 3 Stunden an auf eine Resedapflanze zu wirken; und bei $\frac{1}{4}$ Cb. Z. in 1000 Th. Luft trat die Verletzung einer andern Pflanze erst nach 24 Stunden ein. Wenn aber die Pflanzen angegriffen worden, zeigte sich ein gleiches Verwelken, Bleichen und Austrocknen. — Die Wirkungen des *Schwefelwasserstoffgases* sind von denen der sauren Gase ganz verschieden.

Digitized by Google

hierüber von Neuem Versuche angestellt und beobachtet, dass namentlich das *schwefligsaure*, *chlorwasserstoffsaure* und *salpetrig-*

„Die letztern greifen die Blätter zuerst an der Spitze an und dehnen ihre Wirkung allmählig bis zu den Blattstielen aus; wenn sie in beträchtlichen Mengen angewandt werden, beginnt ihre Wirkung in wenig Minuten, und wenn ihre Menge nicht so gross ist, so bleiben die nicht angegriffenen Theile lebendig, wenn die Pflanzen in freie Luft gebracht werden. Ganz anders wirkt das Schwefelwasserstoffgas. Zwei Cb. Z., mit 460 Cb. Z. Luft gemischt, hatten innerhalb 24 Stunden keine Wirkung. 4½ Cb. Z. in 80 Vol. Luft brachten in 12 Stunden keine Verletzung zu Wege, aber nach 24 Stunden hingen mehrere Blätter, ohne Farbenveränderung, senkrecht und völlig erschlafft an den Stielen herab. Obgleich die Pflanze darauf in freie Luft gebracht wurde, fing auch der Stamm an zu welken und sich zu krümmen; die ganze Pflanze fiel bald darauf um und starb. Als die Wirkung einer grossen Quantität Gas, z. B. von 6 Cb. Z. in dem 60fachen Vol. Luft, sorgfältig beobachtet wurde, fand sich, dass das Verwelken in 10 Stunden auf einmal von den Blattstielen anfing, während dagegen die Blätter, abgerechnet ihre Schlaffheit, ganz gesund erschienen. Nicht eine Pflanze genas, deren Blätter, bevor sie in freie Luft gebracht worden, verwelkt waren. Die Wirkungen des *Ammoniakgases* sind den eben erwähnten des Schwefelwasserstoffgases genau ähnlich, abgerechnet, dass die Blätter, nachdem sie welk geworden, auch etwas einschrumpfen. Die allmählige Erschlaffung der Blätter, das Biegen derselben da, wo sie am Stiele sitzen, das darauf folgende Beugen des Stammes selbst und die, gleichsam fortschleichende, Erschlaffung und Erschöpfung von Blatt zu Blatt und dann den Stamm herab, sind sehr auffallende Erscheinungen. Zwei Cb. Z. Gas, mit 230 Vol. Luft gemischt, wirken schon nach 10 Stunden. In grösserer absoluter und relativer Menge scheint es langsamer zu wirken.“ — „Das *Cyangas* wirkt anscheinend wie die beiden letzten Gase, doch kräftiger; 2 Cb. Z., mit 230 Mal so viel Luft verdünnt, griffen eine Resedapflanze in 5 Stunden an; ½ Cb. Z., in 700 Vol. Luft, griff ein andres Exemplar in 12 Stunden an; und ¼ Cb. Z., in 1700 Vol. Luft, wirkte auf ein drittes Exemplar in 24 Stunden. Die Blätter verwelkten an dem Stamme, ohne die Farbe zu verlieren, und als nach angefangener Verwelkung die Pflanze in freie Luft gebracht wurde, genas sie nicht wieder. Das *Kohlenoxydgas* gehört wahrscheinlich auch in diese Classe, doch wirkt es weit schwächer. 4½ Cb. Z., mit 450 Cb. Z. Luft verdünnt, hatten innerhalb 24 Stunden keine Wirkung auf eine Resedapflanze; 23 Cb. Z. mit 115 Cb. Z. Luft gemischt, schienen in derselben Zeit ebenso wenig Wirkung ausgeübt zu haben; doch begann die Pflanze, nach Herausnahme aus der Glocke, zu verwelken, und konnte nicht wieder belebt werden. *Oelbildendes Gas*, in der Menge von 4½ Cb. Z. und in dem Verhältniss von $\frac{1}{100}$ zur Luft, hatte nach 24 Stunden durchaus keine Wirkung. Das *Stickstoffoxydulgas*, oder Lustgas, ist von allen Gasen, die wir untersucht haben, das unschädlichste; 72 Cb. Z. wurden mit einer Resedapflanze 48 Stunden lang in einer Flasche von 509 Cb. Z. stehen gelassen; aber nach Verlauf dieser Zeit war keine merkliche Veränderung eingetreten.“ — „Es ist bekannt, dass Pflanzen zuweilen von einem und demselben Agens auf verschiedene Weise angegriffen werden. Einige gedeihen unter Umständen, welche andern schädlich sind, und allem Anscheine nach hängt die Verschiedenheit nicht blos von der Natur des Bodens ab. Humphry Davy hat gefunden, dass, während einige Pflanzen in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas wachsen, andere dagegen von diesem Gase schnell vernichtet werden. Wir dürfen daraus vermuthen, dass man, bei Anstellung derartiger Versuche, eine Menge

Digitized by Google

saure Gas äusserst nachtheilig einwirken, dass ferner das *Schwefelwasserstoffgas*, das *Ammoniakgas*, das *Chlor-* und *Cyangas* ebenfalls, wenn auch nicht so schnell, das Leben der Pflanze vernichten, und zwar glauben die angeführten Gelehrten nach den verschiedenen Erscheinungen, welche sie bei dem schwefligsauren und salzsauren Gase auf der einen, bei dem Schwefelwasserstoff- und dem Ammoniakgase auf der andern Seite beobachtet haben, in Bezug auf das Pflanzenleben einen Unterschied zwischen den giftigen Gasen aufstellen zu können, der dem zwischen den reizenden und narkotischen Giften bei den Thieren entspricht. Die Gase, welche für die Thiere *Irritantia* sind, scheinen, nach ihnen, auf die Pflanzen örtlich zu wirken, indem sie zuerst die am wenigsten mit Feuchtigkeit versehenen Theile zerstören; die narkotischen Gase dagegen, wenn man darunter diejenigen begreift, welche auf das Nervensystem der Thiere wirken, greifen die Pflanze auf einmal an und zerstören so das Leben derselben. Die ersteren wirken wahrscheinlich, indem sie den Blättern Feuchtigkeit entziehen, die letzteren aber durch eine unbekannte Einwirkung auf ihre Lebensthätigkeit.

---

sonderbarer und interessanter Resultate erhalten würde. Wir müssen indess bemerken, dass von 6 verschiedenen Pflanzenspecies, die dem schwefligsauren Gase ausgesetzt wurden, alle nahe in gleichem Grade von diesem Gase angegriffen zu sein schienen."

Digitized by Google

Digitized by Google

Fünfter Abschnitt.

Die Wechselwirthschaft

und

die Erschöpfung des Bodens

durch

die Cultur.

Digitized by Google

Digitized by Google

Wo in einer Wirthschaft der Dünger in reichlicher Menge vorhanden ist, oder leicht herbeigeführt werden kann, wo die Kosten der Händearbeit im Vergleiche zu dem Ertrage der Ernten in einem günstigen Verhältnisse stehen, da wird man Jahr aus Jahr ein auf demselben Boden, ohne diesen zu verschlechtern, immer dieselbe Pflanze cultiviren können, wenn man die zum Wachsthume unentbehrlichen Nahrungsstoffe, welche durch die Ernte dem Lande entnommen werden, durch neuen Dünger wieder ersetzt und zugleich Sorge trägt, dass die physikalischen Eigenschaften der Ackererde durch eine zweckmässige mechanische Bearbeitung des Bodens in einem das Gedeihen der Pflanzen wesentlich befördernden Zustande verbleiben; es wird also in diesem Falle die Landwirthschaft den Charakter der Gärtnerei annehmen. Es tritt freilich dieser fortdauernden Cultur einer und derselben Pflanze die Ansicht und die Erfahrung vieler Agronomen entgegen, nach welcher hierbei von Jahr zu Jahr eine sehr merkliche Abnahme der Ernten eintritt, selbst wenn man Alles aufbietet, um dem Boden seine frühere Beschaffenheit wieder zu geben. Die Richtigkeit dieser Angabe wollen wir nicht bezweifeln; dass aber diese Erfahrung in einem eigenthümlichen, mit der Ernährung und dem Wachsthume der Pflanzen in Verbindung stehenden Processe ihren Grund habe, können wir keineswegs zugeben, indem die früher fast allgemein verbreitete Ansicht von einer Ausscheidung der dem Gedeihen der Pflanzen schädlichen Stoffe durch ihre Wurzeln, wie wir sogleich sehen werden, in Folge neuerer Untersuchungen von der Mehrzahl der Chemiker und Pflanzenphysiologen wieder aufgegeben worden ist; vielmehr scheint uns jene Erfahrung auf einer unrichtigen Auffassung der Gesammtbeziehungen des Bodens zu dem Wachsthum und der Ernährung einer bestimmten Pflanze zu beruhen, so dass in Folge der zugeführten Düngerstoffe entweder die Zusammensetzung des Bodens eine andere geworden ist, oder die physikalischen Eigenschaften desselben sich verändert haben, auch die jedesmaligen meteorologischen Verhältnisse nicht hinlänglich beachtet worden sind, — und dass hierin jene Erscheinung ihre natürliche Ursache findet.

Digitized by Google

Wir haben in dem Verlaufe dieses Werkes die Verhältnisse und Eigenschaften kennen gelernt, welche die Fruchtbarkeit oder die Unfruchtbarkeit einer Ackererde hauptsächlich bedingen; wir haben ausführlich gesprochen von den Erscheinungen, welche bei dem Keimen, dem Wachsthume und der Ernährung der Pflanzen dem Auge des Beobachters sich darbieten, und endlich auch der Zusammensetzung und der Wirkungsart derjenigen Stoffe unsere Aufmerksamkeit geschenkt, welche entweder das Gedeihen der Pflanzen im Allgemeinen wie im Besondern befördern, oder demselben nachtheilig sind; es würde deswegen nur eine Wiederholung des schon früher an verschiedenen Orten Mitgetheilten sein, wenn wir hier die allgemeinen Grundsätze entwickeln wollten, welche man bei der Cultur der Pflanzen, gestützt auf eine der Erfahrung und Beobachtung entnommene Theorie, zu befolgen hat, indem die specielleren Bedingungen und Verhältnisse, welche bei der Cultur einer bestimmten Pflanze zu beachten sind, bisher noch zu wenig zum Gegenstande wissenschaftlicher Untersuchungen gemacht worden sind, als dass wir schon jetzt darüber ein näheres Licht zu verbreiten im Stande wären. Wir wollen uns hier darauf beschränken, die in neuerer Zeit von Chemikern angestellten Versuche über die Zweckmässigkeit oder Unzweckmässigkeit einer bestimmten *Fruchtfolge* zu beschreiben, und zugleich einige Theorien der *Wechselwirthschaft* andeuten, die man in chemischen Zeitschriften mitgetheilt findet.

Es ist eine durch tägliche Erfahrung schon seit uralter Zeit festgestellte Erfahrung, dass der Boden durch Fortführung der auf ihm gewachsenen Pflanzen sehr bald an Fruchtbarkeit verliert und endlich der Vegetation fast ganz unzugänglich wird, wenn man ihm nicht durch Dünger das Geraubte wieder ersetzt, oder ihn Jahre lang in dem Zustande der Ruhe sich selber überlässt, wodurch er so viele in ihm gebunden gewesene Nahrungsstoffe in einen auflöslichen, von den Pflanzen assimilirbaren Zustand zu versetzen vermag, dass er nun wieder eine ergiebige Ernte zu produciren im Stande ist. Sobald also ein Volk an einen bestimmten Wohnsitz gebunden war, an eine beschränkte Scholle Landes, deren Ertrag durch Ackerbau und Viehzucht demselben den Lebensunterhalt lieferte, indem ihm nicht gestattet war, von Ort zu Ort zu ziehen, wenn in Folge einiger Ernten der Boden sich verschlechtert hatte, — musste man auch auf Mittel sinnen, welche dem erschöpften Boden seine frühere Fruchtbarkeit wieder verschaffen konnten, und es war natürlich, zunächst diejenigen Stoffe hierzu zu verwenden, welche den in der Ernte dem Boden entnommenen am nächsten verwandt waren, nämlich die vegetabilischen und thierischen Materien, deren wohlthätiger Einfluss sich auch sogleich herausstellte. Man machte im Laufe der Zeit die Erfahrung, dass es wenig rathsam sei, fortwährend auf demselben Boden Halmfrüchte zu bauen, indem der Ertrag derselben sehr bald sich verringerte, nicht sowohl weil, bei Zusatz des erforderlichen Düngers, jene Pflanzen nicht die zu

Digitized by Google

ihrem Gedeihen nöthigen Stoffe vorfanden, sondern weil, wie wir schon vorhin andeuteten, aus physikalischen Ursachen ihrem Fortkommen Hindernisse in den Weg traten, ferner weil die Unkräuter in so hohem Maasse sich einzustellen pflegten, dass an eine ergiebige Ernte weiter nicht zu denken war, und hauptsächlich weil es schwierig und mit zu vielen Kosten verbunden gewesen wäre, den für den Anbau einer und derselben Frucht von Jahr zu Jahr erforderlichen Dünger herbeizuschaffen, indem die eine Pflanze gegen die im Boden vorhandenen Nahrungsstoffe anders sich verhält als die andere und vorzugsweise bestimmte Substanzen, wenigstens in vorherrschender Menge, sich anzueignen sucht, mit deren Verschwinden aus der Ackererde auch das üppige Wachsthum dieser Pflanze aufhört und deren vollkommene Entwickelung behindert ist. Es war zunächst nothwendig, auf die Ausrodung der Unkräuter mehr Aufmerksamkeit zu verwenden, und man fand hierzu in der sogenannten *Brache* ein günstiges Mittel, indem man nämlich, wenn zwei Jahre hinter einander ein Feld Halmfrüchte getragen hatte, dasselbe in dem dritten Jahre ganz unbebaut liegen liess, durch mehrfache mechanische Bearbeitung die Unkräuter zu zerstören suchte und zugleich während dieser Zeit durch Zuführung von Dünger den Boden für die zu erwartenden Ernten der beiden folgenden Jahre vorbereitete, welche Ernte in Folge jener Brache noch auf die Weise einen Zuwachs erlangen musste, weil eine Menge des noch in dem Boden enthaltenen, namentlich anorganischen Nahrungsstoffes durch die Einwirkung der atmosphärischen Thätigkeit in einen auflöslichen und assimilirbaren Zustand gebracht worden war. Diese, eine Zeit lang gebräuchliche und in einigen Ländern noch jetzt nicht aufgegebene Methode des Landbaues wird die *Dreifelderwirthschaft* genannt; bei Anwendung derselben blieb stets der dritte Theil des gesammten Ackerlandes unbenutzt, indem man ihn durch die Brache für neuen Ertrag von Halmfrüchten vorbereitete; auch waren bei diesem Systeme eine grosse Menge von Wiesen oder Weideland unentbehrlich, weil nur hierdurch der zum Getreidebau nöthige Dünger herbeigeschafft werden konnte. Auf Mittel, diesen Uebelständen abzuhelfen, musste man besonders in den Ländern bedacht sein, wo eine zunehmende Bevölkerung eine vortheilhaftere und fortwährende Benutzung des Bodens, mithin eine grössere Production von vegetabilischen wie thierischen Nahrungsstoffen wünschenswerth machte. Einzelne Versuche und das Nachdenken rationeller Landwirthe führten allmählig dahin, die Brache für den Anbau verschiedener Früchte zu benutzen, sogenannter *Brach-* oder *Blattfrüchte*, von denen zunächst Erbsen, Bohnen und Wicken und etwas später vor allen andern der Klee, also solche Pflanzen benutzt wurden, die bei verhältnissmässig grossem Blattvermögen den grössten Theil der zur Bildung ihrer vegetabilischen Substanz verwendeten Nahrungsstoffe aus der Atmosphäre ziehen, während die Mengenverhältnisse der anorganischen Körper, welche in ihren Organismus eingehen, zum

Digitized by Google

grössten Theil ebenfalls anderer Natur sind als die, welche die Halmfrüchte zu ihrem Gedeihen erfordern; ferner sind diese Pflanzen wegen ihrer üppigen Entwickelung, indem sie in Folge derselben die Ackerfläche gleichsam mit einer dichten Decke überziehen, dem Aufkommen und Umsichgreifen der Unkräuter hinderlich und nutzen endlich auch dadurch, dass sie den Boden auflockern und auf diese Weise einer leichteren Bearbeitung und gründlicheren Aufschliessung zugänglich machen. Wir finden über die Cultur der Brachgewächse und über die mehr oder weniger günstigen Resultate angestellter Versuche und Erfahrungen in Bezug auf Production von nutzbaren Gewächsen überhaupt die wichtigsten Aufschlüsse in den Schriften unseres noch nicht übertroffenen, rationellen Landwirthes Albrecht Thaer, welche noch immer als classisch zu betrachten sind, wenn gleich dessen theoretische, sich dem damaligen Standpunkte der Naturwissenschaften anschliessende Folgerungen und Voraussetzungen nicht immer mit den jetzt erforschten Wahrheiten und festgestellten Thatsachen in Uebereinstimmung zu bringen sind. Dem praktisch-rationellen Landwirthe sind Thaer's Schriften unentbehrlich; selbst der in reiner, von den Vätern angeerbter Empirie befangene Landmann erkennt den Werth derselben an, und nur durch Hinweisung auf den in denselben oftmals ausgesprochenen Grundsatz über den nothwendigen Zusammenhang in dem Entwickelungsgange der praktischen Landwirthschaft mit dem der Naturwissenschaften, welche bei der rationellen Ausübung der erstern ihre Anwendung finden, — vermag man oftmals allein den letztern in den Augen des praktischen Landmannes einigen Werth und einige Anerkennung zu verleihen.

Man bemerkte bald, wenn man in der Dreifelderwirthschaft nach dem zweimaligen Anbau von Halmfrüchten immer eine und dieselbe Brachfrucht wiederkehren liess, dass der Boden immer mehr an Fruchtbarkeit für diese Pflanzen abnehme, und dass der anfangs als so besonders vortheilhaft angepriesene Anbau von Klee nach einigen Jahren keineswegs die günstigen Resultate mehr lieferte, welche man zuerst von demselben erwarten zu können hoffte. Es stellte sich heraus, dass man noch mehr Gattungen von Pflanzen mit einander müsse abwechseln lassen, und dieselbe Pflanze erst nach längerer oder kürzerer Zeit auf demselben Acker wiederum anbauen dürfe, wenn man den grösstmöglichsten Ertrag von allen Früchten sich verschaffen wolle; es hat also auf diese Weise die *Wechselwirthschaft* allmählig sich ausgebildet, die in ihren Grundprincipien grosse Verbreitung und fast allgemeine Anerkennung gefunden hat [1]).

[1]) Thaer: *Grundsätze der rationellen Landwirthschaft;* vgl. auch Boussingault's *Landwirthsch.*, wo es Th. II. S. 175 heisst: „Die Einführung des Klees in die gewöhnliche Cultur brachte grosse Veränderungen in das System der Brachernten, und man glaubte sogar für einen Augenblick, auf einem solchen Grade der Vollkommenheit angelangt zu sein, dass man ihn als die höchste Stufe der Ackerbau-

Digitized by Google

Es sind verschiedene Ansichten aufgestellt worden über die Ursache der *Erschöpfung des Bodens durch die Cultur der Pflanzen*, und man hat früher, wo man, wie wir oben in dem Capitel, welches von dem Ernährungsvermögen des Humus und der Humussäure handelte, gesehen haben, noch allgemein der sogenannten Humustheorie anhing, namentlich nach dem Vorgange von Thaer [2]), dem

---

kunst betrachtete. Dies war zur Zeit, als man erkannt hatte, dass der Klee, welchen man nur in einigen Gegenden anbaute, im Frühjahr unter eine Halmfrucht gesäet werden, und im folgenden Jahre das Brachfeld einer Dreifelderwirthschaft einnehmen konnte. Der Klee, weit entfernt den Boden zu erschöpfen, verlieh ihm neue Fruchtbarkeit, und das darauf folgende Getreide lieferte eine reichliche Ernte. Man begriff leicht alle Vortheile, die man mit Recht hoffen durfte, indem man an die Stelle einer nichts ertragenden Brache die Cultur einer Pflanze setzte, welche, ohne den Boden zu erschöpfen, eine beträchtliche Menge Futter lieferte und eine grössere Anzahl Vieh zu unterhalten erlaubte. Man versicherte sogar, dass diese Pflanze die Felder von Unkraut reinige. Es bedurfte nur der Erfahrung einiger Jahre, um sich zu überzeugen, dass dieser Anbau von Klee die übertriebenen Vortheile, welche man ihm zugeschrieben hatte, in der That nicht darbot. Man erkannte, dass man sich, indem man dieses Futter alle drei Jahre auf denselben Schlag zurückkehren liess, der Gefahr aussetzte, Futtermangel eintreten zu sehen. Schubart selbst, der eifrigste und aufgeklärteste Vertheidiger des Klees, änderte seine Ansichten in Folge der Thatsachen und beschränkte den Umlauf der künstlichen Wiese erst auf das 6. und später auf das 9. Jahr. Schubart erkannte zuletzt auch, dass der Klee nicht genüge, um das Unkraut zu vertilgen, welches das Getreide beeinträchtigt, und er baute im Brachfelde daher auch Hackfrüchte an. Wir sehen, dass die verschiedenen Versuche, welche seit der denkwürdigen Einführung des Klees in den Anbau im Grossen gemacht wurden, natürlicherweise zu der Wechselwirthschaft geführt haben. Man ist jetzt zu dem weit günstigeren Resultat gelangt, als Schubart hoffen konnte, dass nämlich der Klee alle 4 oder 5 Jahre denselben Schlag wieder einnehmen kann."

[2]) Boussingault a. a. O. S. 170 u. ff. „Thaer legt bei der Schätzung des Nahrungsgehalts der Pflanzen die von Einhof mittelst eines sehr unvollkommenen Verfahrens gemachten Bestimmungen zu Grunde; aber selbst wenn die Bestimmung genau wäre, würde sie doch nur eine irrige Grundlage abgeben. Wenn man dem von diesem berühmten Landwirthe aufgestellten Grundsatze huldigt, so muss man in der That annehmen, dass alle organische Materien der Pflanze ihren Ursprung aus dem Boden haben. Der Boden trägt ohne Zweifel bis zu einem gewissen Grade zur Entwickelung der Pflanzen bei; aber wir haben gesehen, dass die Luft und das Wasser das Wachsthum ebenfalls begünstigen. Von einer andern Seite und im Widerspruche mit den Ansichten der Thaer'schen Schule, haben die Physiologen die Menge der Stoffe, welche die Pflanzen der Atmosphäre entziehen, vielleicht übertrieben. So nimmt Saussure an, dass eine Sonnenblume während ihres Wachsthums dem Boden nicht mehr als den 20. Theil ihres Gewichts entziehe, die Pflanze in trocknem Zustande genommen (*chemische Untersuchungen über die Vegetation, S.* 247). Man würde wenig gegen eine solche Annahme einwenden können, wenn die Versuche von Gazzeri nicht zu beweisen schienen, dass die Wurzeln durch ihre Berührung mit der festen organischen Materie des Bodens, indem sie dieselbe auflöslich machen, unläugbar eine Aufsaugung ausüben (Annales de l'Agriculture française, No. 3. p. 57). Ich kann noch

Digitized by Google

allmähligen Verschwinden des Humusgehaltes der Ackererde die abnehmende Fruchtbarkeit der letzteren zugeschrieben, oder, mit andern Worten, behauptet, dass die durch die Cultur veranlasste Erschöpfung dem in den Ernten enthaltenen organischen Nahrungsstoffe entspreche, und dass deswegen der Hauptwerth des Düngers in seinem Gehalte an organischen Materien zu suchen sei, mit deren Uebergang in Humus auch die ursprüngliche Fruchtbarkeit des Bodens wieder hergestellt werde. Diese Ansicht, welcher theilweise noch jetzt Boussingault[3]) und Andere huldigen, ist in neuerer Zeit besonders von Liebig bestritten worden, der bekanntlich die Hauptursache jener Erschöpfung des Bodens in der Entziehung von anorganischen Stoffen, besonders alkalischen Basen, durch die Pflanzen, welche von demselben geerntet werden, gefunden zu haben glaubt. Die Brache ist die Periode der Cultur, wo man das Land einer fortschreitenden Verwitterung vermittelst des Einflusses der Atmosphäre überlässt, in der Weise, dass eine gewisse Quantität Alkali und Kieselerde wieder fähig gemacht wird, von einer Pflanze aufgenommen zu werden. Die sorgfältige Bearbeitung des Brachlandes beschleunigt und vergrössert natürlich seine Verwitterung, und nach Liebig ist es für den Zweck der Cultur völlig gleichgültig, ob man das Land mit Unkraut sich bedecken lässt, oder ob man eine Pflanze darauf baut, welche dem Boden das aufgeschlossene alkalische Silikat nicht entzieht[4]).

---

eine Beobachtung von Saussure selbst anführen, wo er sah, dass Pflanzen, welche in einem durch wiederholte Auswaschungen von ihren auflöslichen Bestandtheilen völlig befreiten Boden angebaut waren, dennoch zu vollkommener Reife gelangten, obgleich unter solchen Verhältnissen der Samenertrag weit geringer war, als er zu sein pflegt, wenn die Pflanze in nicht ausgewaschener Dammerde gelebt hat (*chem. Unters.* S. 155). Uebrigens ist es wahrscheinlich, dass man sich sowohl von der einen, wie von der andern Seite übertriebene Vorstellungen darüber gemacht hat. Die Pflanzen scheinen wirklich der Luft nicht viel mehr Stoffe zu entziehen, als die Landwirthe gewöhnlich annehmen, und der Boden liefert der Vegetation, ausser den salzigen und erdigen Bestandtheilen, sicher eine grössere Menge organischer Materie, als man nach den Voraussetzungen der Physiologen nur immer erwarten darf. Nach den Beobachtungen, welche ich während meines Aufenthaltes an der Küste von Peru über die Anwendung des Guano gesammelt habe, ist es sogar sehr zweifelhaft, ob nicht im Allgemeinen der grössere Theil der stickstoffhaltigen Bestandtheile der Pflanzen seinen Ursprung in den Ammoniaksalzen hat, die im Dünger vorhanden sind oder sich darin bilden (Ann. de Ch. et de Ph. LXV. 1837)."

[3]) Siehe in diesem Werke S. 184 u. ff.

[4]) Liebig: *Agriculturchemie*, S. 151 u. ff. „Auf einem Boden, welcher Jahrhunderte lang allen Ursachen der Verwitterung ausgesetzt gewesen ist, von dem aber die aufgeschlossenen Alkalien nicht fortgeführt wurden, werden alle Vegetabilien, die zu ihrer Entwickelung beträchtliche Mengen Alkalien bedürfen, eine lange Reihe von Jahren hindurch hinreichende Nahrung finden; allein nach und nach muss er erschöpft werden, wenn das Alkali, was ihm entzogen wurde, nicht wieder ersetzt wird; es muss ein Punkt eintreten, wo er von Zeit zu

Digitized by Google

Im Frühjahre und in der ersten Periode der Entwickelung der Pflanze scheint, weil der Boden noch von Feuchtigkeit durchdrungen ist, eine grössere Quantität auflöslicher Salze von der Pflanze aufgenommen zu werden als in späterer Zeit, so dass dieselbe zur Zeit der Samenbildung und der Reife die dazu erforderlichen

---

Zeit der Verwitterung wieder ausgesetzt werden muss, um einer neuen Ernte Vorrath von auflösbaren Alkalien zu geben. Die ersten Colonisten fanden in Virginien einen Boden von der oben erwähnten Beschaffenheit vor; ohne Dünger erntete man auf einem und demselben Felde ein ganzes Jahrhundert lang Weizen und Tabak, und jetzt sieht man ganze Gegenden verlassen und in unfruchtbares Weideland verwandelt, was kein Getreide, keinen Tabak mehr ohne Dünger hervorbringt. Einem Morgen von diesem Lande wurden aber in 100 Jahren in den Blättern, dem Korn und Stroh über 1200 Pfd. an Alkalien und Salzen mit alkalischer Basis entzogen; er wurde unfruchtbar, weil der aufgeschlossene Boden gänzlich seines assimilirbaren Alkali's beraubt war und weil dasjenige, was im Zeitraum von einem Jahre durch den Einfluss der Witterung zur Aufschliessung gelangte, nicht hinreichte, um die Bedürfnisse der Pflanze zu befriedigen. In diesem Zustande befindet sich im Allgemeinen alles Culturland in Europa. Die *Brache* ist die Zeit der Verwitterung. Man giebt sich einer unbegreiflichen Täuschung hin, indem man dem Verschwinden des Humusgehaltes in diesem Boden zuschreibt, was eine blosse Folge der Entziehung von Alkalien und gewissen Bodenbestandtheilen ist. — Als Princip des Feldbaues betrachtet man die Erfahrung, dass sich Weizen nicht mit Weizen verträgt; der Weizen gehört wie der Tabak zu den Pflanzen, welche den Boden erschöpfen. Wenn aber der Humus dem Boden die Fähigkeit geben kann, Getreide zu erzeugen, woher kommt es denn, dass der humusreiche Boden in vielen Gegenden Brasiliens, dass auch in unserm Klima der Weizen in reiner Holzerde nicht gedeiht, dass der Halm keine Stärke erhält und sich frühzeitig umlegt? Es kommt daher, weil die Festigkeit des Halmes von kieselsaurem Kali herrührt, weil das Korn phosphorsaurer Salze bedarf, die ihm der Humusboden nicht liefern kann, indem er keins von beiden enthält; man erhält Kraut, aber keine Frucht. Woher kommt es denn, dass der Weizen nicht auf Sandboden gedeiht, dass der Kalkboden, wenn er nicht eine beträchtliche Menge Thon beigemischt enthält, unfruchtbar für diese Pflanze ist? Es kommt daher, weil es diesen Bodenarten für diese Gewächse an Alkalien und gewissen andern Mineralbestandtheilen, welcher die Pflanze bedarf, fehlt; ohne diese bleiben sie selbst dann in ihrer Entwickelung zurück, wenn ihnen alles Andere im Ueberfluss dargeboten wird. — Ist es denn Zufall, dass wir auf Gneuss, Glimmerschiefer, auf Granitboden in Baiern, dass wir auf Klingstein in der Rhön, auf Basalt im Vogelsberge, auf Thonschiefer am Rhein und in der Eifel die schönsten Laubholzwaldungen finden, die auf Sandstein und Kalk, worauf Kiefern und Fichten noch gedeihen, nicht mehr fortkommen? Es kommt daher, weil die Blätter des Laubholzes, welche jährlich sich erneuern, zu ihrer Entwickelung die 6—10fache Menge Alkali erfordern. Sie finden auf kaliarmem Boden das Alkali nicht vor, ohne welches sie nicht zur Ausbildung gelangen. Kann es auffallend sein, dass nach dem Abbrennen von Nadelholzwaldungen in Amerika, durch welche der Boden das in Jahrhunderten gesammelte Alkali empfängt, Laubholz gedeiht, dass *Spartium scopartum*, *Erysimum latifolium*, *Blitum capitatum*, *Senecio viscosus*, lauter Pflanzen, welche eine an Alkali höchst reiche Asche geben, auf Brandstätten in üppiger Fülle emporsprossen?" Liebig a. a. O. S. 164.

Digitized by Google

Mineralsubstanzen nicht erst aus dem Boden zieht, sondern schon in ihrem eignen Safte vorhanden findet, aus welchem diese Stoffe dann zum Theil verschwinden, um in den Samen sich anzuhäufen. Saussure[5]) fand in den jungen Pflanzen eine verhältnissmässig weit bedeutendere Quantität von anorganischen Substanzen, als in den in Blüthe stehenden oder schon zur Reife gediehenen, welches hauptsächlich, wie Liebig[6]) bemerkt, darin seinen Grund hat,

---

[5]) Saussure (*chem. Unters.* S. 254 u. ff.) bemerkt zu seinen bereits oben, S. 290 u. ff., mitgetheilten Analysen: „Die Asche nimmt in den Blättern der Bäume zu oder steigt, vom Augenblicke an, wo sie sich aus der Knospe entfalten, bis zu dem, wo sie gelb werden und abfallen (s. die Aschenprocente der Eichen-, Pappel-, Rosskastanienblätter u. s. w.). Die Pflanzen müssen in allen Theilen Asche anhäufen, welche in ihrer Form und Vegetativkraft keine Veränderung erleiden. Ich habe in allen diesen Zeiträumen vollkommen grüne und gesunde Blätter ausgesucht; indess habe ich Sorge getragen, im Sommer und im Herbste nur die einzusammeln, welche mir die ältesten schienen. Die Resultate, auf welche ich hier aufmerksam gemacht habe, können nicht ferner auf Sommergewächse, die in ihrer ganzen Grösse eingesammelt und verbrannt wurden, die abgestorbenen Theile, die sie etwa haben mochten, mit eingerechnet, angewandt werden. Die Asche dieser Gewächse vermindert sich in dem Maasse, wie ihre Vegetation vorwärts schreitet (s. a. a. O. die Erbsen-, Bohnenpflanzen, die Sonnenblume; ferner enthielt die getrocknete Weizenpflanze am 1. Mai 79, am 14. Juni in der Blüthe 54, am 28. Juli mit reifen Samen 33 Tausendtheile Asche u. s. w.). Die Ursache dieser Verschiedenheiten kommt daher, dass die einjährigen Pflanzen in dem Verhältniss, wie sie altern oder neue Organe hervortreiben, die untern Blätter, welche die ältesten und folglich am meisten mit Asche beladen sind, verlieren. Fallen diese Blätter auch nicht ab, so schmachten sie doch, oder trocknen und verlieren in diesem Zustande des Zugrundegehens ihre im Regenwasser, im Thau und selbst in ihrer Ausdünstungsfeuchtigkeit auflöslichen Stoffe. Es ist wahrscheinlich, dass, wenn man das Verhältniss der Asche in einem einzigen Blatte einer Sommerpflanze, ehe sich dieser Theil änderte, verfolgen könnte, man finden würde, dass sich diese Asche ebenso vermehrt, wie man es bei den Blättern der Bäume sieht. Betrachtet man die Sommergewächse in ihrem grünen Zustande, so zeigt sich, dass die Asche in ihnen nach Maassgabe ihres Alters zunimmt; so enthielt eine frische grüne Bufbohnenpflanze vor ihrer Blüthe am 23. Mai 16, in der Blüthe am 23. Juni 20 Tausendtheile Asche. Dies ist indess eine durch das Vegetationswasser hervorgebrachte Täuschung. Der Verlust dieses Wassers, welcher um so grösser ist, als die Vegetation sich weiter vorgerückt zeigt, scheint das Verhältniss der Asche im Gewächse zu vermehren, indem es dasselbe dem trocknen Zustande näher bringt. Dieselben Pflanzen liessen nämlich, im trocknen Zustande verbrannt, die vom 23. Mai 150 und die vom 23. Juni nur 122 Tausendtheile Rückstand."

[6]) Liebig: *Agriculturchemie*, S. 162: „Der Keim, welcher aus der Erde, das Blatt, das aus der Knospe hervorbricht, der junge Halm, die grüne Sprosse enthalten stets eine weit grössere Menge von Salzen mit alkalischen Basen, sie geben eine an Alkalien weit reichere Asche als der ausgebildete Pflanzentheil. Die Blätter, von welchen aus die Aufnahme und Zerlegung der Kohlensäure vor sich geht, sind unter allen Umständen weit reicher an Mineralsubstanzen als die übrigen Pflanzentheile. Die einfache Thatsache, dass die Entwickelung der

Digitized by Google

dass neue Mengen organischer Bestandtheile in den Pflanzen sich angehäuft haben, während die der anorganischen grossentheils dieselben geblieben sind. Mathieu de Dombasle[7]) hat ferner

---

Pflanze gehemmt ist, wenn es an Regen und damit an Zufuhr alkalischer Basen fehlt, beweist, dass diese Alkalien eine höchst wichtige Rolle spielen. Wenn de Saussure fand, dass die Weizenpflanze vor der Blüthe $\frac{70}{1000}$, in der Blüthe $\frac{54}{1000}$ und mit reifem Samen nur die Hälfte an Aschenbestandtheilen lieferte, so lässt sich sicher hieraus nicht schliessen, dass die in der jungen, in der Entwickelung begriffenen Pflanze enthaltenen Bodenbestandtheile in den Boden zurückgekehrt sind. Bei gleichen Gewichten lieferte die junge Pflanze doppelt so viel Asche als die völlig ausgebildete, was offenbar nur daher rührt, weil zu dem in der erstern schon vorhandenen Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff neue Quantitäten dieser organischen Bestandtheile hinzugekommen sind. Die Aschenbestandtheile sind in der Pflanze unverändert geblieben, nur ihr relatives Verhältniss zu den anderen hat sich geändert, der Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Stickstoffgehalt ist grösser geworden."

[7]) Mathieu de Dombasle (Ann. de Ch. et de Ph. III. Sér. XVII. p. 162 u. ff.) stellt der Ansicht, dass die Pflanzen nur in der Periode der Samenbildung, d. h. von dem Augenblicke der Befruchtung an bis zu dem ihrer Reife, den Boden erschöpfen, und welche sich namentlich auf die Thatsache gründet, dass eine zur Zeit der Blüthe gemachte Ernte den Boden weit weniger aussaugt, als wenn man die Pflanze erst reifen lässt, — ebenfalls Thatsachen entgegen, nämlich: dass unter der Zahl der Vegetabilien, welche man als die den Boden am meisten erschöpfenden betrachtet, manche sind, die bei der gewöhnlichen Cultur keine Samen liefern, wie z. B. die Kohlarten, der Waid und der Tabak; ferner hat man auch bemerkt, dass der Boden in den Beeten, wo man junge Pflanzen von Raps und Runkelrüben zieht, um sie sodann umzupflanzen, sehr bald seine Fruchtbarkeit verliert. Dombasle ist der Ansicht, dass die Pflanze von der Zeit ihrer Blüthe bis zur Reife der Frucht nicht an Masse zunehme, sondern dass die Function derselben sich allein auf die Verarbeitung der in dem Gewebe der Pflanze angehäuften Materie beschränke. Dies sucht er durch den folgenden Versuch zu bestätigen: Am 26. Juni 1843, als der Weizen in Blüthe stand, bemerkte er sich 40 Pflanzen von ziemlich gleicher Grösse; er zog zwanzig dieser Pflanzen heraus, reinigte und trocknete sie und fand sie bestehend aus:

	Grm.
Wurzeln	42,6
Stengel, Aehren und Blätter	126,2
	168,8.

Zur Zeit der Ernte, welche am 28. August stattfand, nahm er die übrigen 20 Pflanzen auf; sie gaben:

	Grm.
Wurzeln	27,2
Stroh, Aehren und Spreu, Blätter	85,7
Körner	66,5
	179,4.

In 2 Monaten haben die Pflanzen nur um 11 Grm. zugenommen, d. h. beinahe um den 16. Theil ihres Gewichts. Der Weizen hatte also von der Aussaat bis zur Blüthe 15 Sechszehntel seines Totalgewichtes erlangt. Man sieht auch, dass, wenn dieser Weizen zur Zeit der Blüthe wäre gemäht worden, er durch seine Wurzeln den vierten Theil des Gewichtes der Ernte dem Boden würde zurückgegeben haben, während er

Digitized by Google

behauptet, dass auch hinsichtlich der organischen Materie die Pflanzen von der Zeit ihrer Blüthe bis zur Reife an Masse nicht mehr zunehmen und keine Bestandtheile des Bodens und der Atmosphäre ferner in sich assimiliren, eine Behauptung, welche durch die neueren Versuche und Analysen Boussingault's ihre Widerlegung gefunden zu haben scheinen[8]); denn diese führten zu dem Resultate, dass die Pflanzen, auch nach ihrer Befruchtung, allerdings fortfahren, in ihrem Organismus die Elemente des Bodens und der Atmosphäre zu assimiliren und zu fixiren.

---

nach der Reife nur den 7. Theil des Gewichtes der Garben in der Erde gelassen hat.

[8]) Boussingault: *Versuche über die allmählige Entwickelung der vegetabilischen Materie bei der Cultur des Weizens;* Ann. de Ch. et de Ph. a. a. O. p. 166 u. ff. „Die praktischen Folgerungen, welche sich aus dem angeführten Versuche Dombasle's ergeben, sind wichtig; denn, wenn es wahr wäre, dass eine Pflanze, während sie in Blüthe steht, schon beinahe die ganze Menge an organischer Materie enthält, d. h. ebenso viel Nahrungsstoff, als 2 oder 3 Monate später zur Zeit der Reife in ihr vorhanden ist, so sieht man, dass es hinsichtlich der Production von Futterarten vortheilhafter sein würde, gewisse Pflanzen grün einzuernten, als auf die Samen zu warten, welche sie später liefern könnten. Um die Genauigkeit des von Dombasle ausgeführten Versuches zu prüfen, habe ich folgende Versuche angestellt. Am 19. Mai 1844 wählte ich in einem Weizenfelde einen Platz aus, wo die Vegetation mir sehr gleichförmig zu sein schien; es wurden hier 450 Pflanzen herausgenommen, durch Waschen von anhängender Erde befreit, an der Luft getrocknet und gewogen (I); am 9. Juni, als der Weizen in die Periode des Blühens eintrat (II), und am 15. August zur Zeit der Reife wurden wiederum 450 Pflanzen von derselben Stelle gesammelt und derselben Behandlung unterworfen (III); es fand sich:

	I. Grm.	II. Grm.	III. Grm.
Wurzeln	46,0	99,5	121,0
Stengel u. Blätter	277,4	850,0	„
Aehren in Blüthe	„	110,5	„
Körner	„	„	677,1
Aehren und Spreu	„	„	154,5
Stroh	„	„	927,5
Summa	323,4	1060,0	1880,1.

Wenn man die mittlere Zunahme für jede Pflanze berechnet, so hat man also:

	Grm.	
Am 19. Mai, Pflanze ohne Blüthe . .	0,62	1,74
Am 9. Juni, Pflanze in Blüthe . . .	2,36	
Am 15. August, Pflanze mit reifen Samen	4,18	1,82

Man sieht also, dass von der Blüthe bis zur Reife die Zunahme der trocknen Substanz in dem Verhältniss von 100 zu 177 stattgefunden hat, d. h. dass in diesem Zeitraume das Gewicht der Pflanze sich beinahe verdoppelt hat; ein Resultat, sehr verschieden von dem, zu welchem Mathieu de Dombasle gelangt ist. Die Elementaranalyse dieser auf einander folgenden Ernten, indem von den verschiedenen Organen verhältnissmässige Quantitäten genommen und mit einander gemengt verbrannt wurden, lieferte die folgenden Resultate, welche schon auf die Oberfläche eines Hectare berechnet worden sind:

Digitized by Google

Wir werden hier zunächst, ehe wir zu den weiteren hierher gehörigen chemischen Untersuchungen und den Resultaten derselben übergehen, einige Theorien zu erwähnen haben, welche die bei dem Fruchtwechsel beobachteten Erscheinungen erklären und deren Ursache ergründen sollen. Vor allen Dingen kommt es hier auf die Erklärung der Thatsache an, dass es der zu erzielenden Ernte höchst nachtheilig ist, wenn man mehrere Jahre nach

---

Zeit, zu welcher die Pflanzen aufgenommen wurden.	Gewicht d. getrockneten Pflanze auf 1 Hectare.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Mineralsubstanzen.
	k	k	k	k	k	k
19. Mai 1841	689	257,0	40,0	354,1	12,4	25,5
9. Juni	2631	1007,7	163,1	1370,7	23,7	65,8
Zunahme vom 19. Mai bis zum 9. Juni .	1942	750,7	123,1	1016,6	11,3	40,3
15. August, Reife . .	4666	1735,8	317,1	2324,3	42,0	186,6
Zunahme vom 9. Juni bis zum 15. August	2035	728,1	154,2	953,6	18,3	120,8.

Man sieht, dass, wenn vor der Blüthe vom 19. Mai bis zum 9. Juni 751 Kilogr. Kohlenstoff und 11½ Kilogr. Stickstoff auf 1 Hectare assimilirt wurden, von diesen Elementen seit dem Erscheinen der Blüthen bis zur Reife 728 und 18 Kilogr. in der Pflanze fixirt worden sind. Ohne Zweifel wird, wie man übrigens vorhersehen konnte, die Entwickelung der organischen Materie, welche zuerst sehr rasch ist, in dem Maasse sich verlangsamen, als das Vegetabil sich seiner Reife nähert; aber diese Entwickelung geht noch mit ziemlicher Intensität fort, da das Gewicht der Ernte von der Blüthe bis zur Periode der Reife sich beinahe verdoppelt hat. Die Analyse zeigt ausserdem, wie der Gang der Assimilation der constituirenden Elemente während der ganzen Dauer der Cultur gewesen ist. Nämlich, indem man annimmt, dass die Vegetation ohne Unterbrechung von dem 1. März bis zum 15. August gedauert hat, findet man die folgenden Zahlen:

Epoche der Vegetation.	Zahl der verflossenen Tage.	In 1 Tag und auf 1 Hectare. Trockne vegetabilische Subst.	Kohlenstoff.	Stickstoff.	Mineralsubstanzen.
		k	k	k	k
Vom 1. März bis zum 19. Mai	79	6,82	2,75	0,12	0,28
Vom 19. Mai bis zum 9. Juni	21	92,95	35,75	0,54	1,92
Vom 9. Juni bis zum 15. Aug.	56	36,34	13,00	0,33	2,16
Mittlere Assimilation f. 1 Tag	„	28,95	10,88	0,25	1,18.

Ich habe auch die nöthigen Materialien für eine Untersuchung ähnlicher Art hinsichtlich einer Leguminose gesammelt; aber die Gewichtszunahme der trocknen vegetabilischen Substanz, welche ich von der Zeit der Blüthe bis zur Reife der Bohnen beobachtete, war so bedeutend, dass ich die Analysen auszuführen unterlassen konnte, um zu derselben Folgerung zu gelangen, welche sich aus dem über die Cultur des Weizens angestellten Versuche ergab."

Digitized by Google

einander eine und dieselbe oder auch nur eine verwandte Frucht cultivirt, und die Ursache aufzufinden, warum eine Frucht vorzugsweise nach einer andern gut gedeiht und warum für einen bestimmten Boden ein bestimmter Fruchtwechsel die grössten und ergiebigsten Ernten gewährt. Die Praxis hat für jede Gegend, ja fast für jeden Acker, welcher dem Systeme der Wechselwirthschaft unterworfen ist, eine gewisse Fruchtfolge als die beste und zweckmässigste nachgewiesen; auf diese Weise ist man, in Folge langjähriger und kostspieliger Versuche, für einen bestimmten Boden zu Resultaten gelangt, welche eine umfassende Theorie, wenn eine solche sich aufstellen liesse, in weit kürzerer Zeit und in einem viel allgemeineren Sinne hätte liefern müssen. Man war, wie bekannt, in früherer Zeit der Ansicht, dass jede Pflanze eine besondere Nahrung bedürfe, oder vielmehr, — da der wichtige Einfluss anorganischer Stoffe auf die Ernährung der Gewächse erst in neuerer Zeit zur allgemeinen Anerkennung gekommen ist, — dass die Pflanzen eine verschiedene Quantität und Qualität von assimilirbarem Humus absorbirten und so den Boden nach und nach mit dem Verschwinden des Humus, nach der damaligen Ansicht, erschöpften und unfruchtbar machten. Jedoch schien die Thatsache, dass auf einem und demselben Boden auch die verschiedenartigsten Pflanzen gedeihen konnten, dieser Ansicht nicht recht günstig zu sein [9]), und es war natürlich, dass die zuerst von Brugmanns [10]) beobachtete, sodann von Decandolle zur Aufstellung einer allgemeinen Theorie der Wechselwirthschaft benutzte und endlich von Macaire Princep bestätigte Aussonderung gewisser Stoffe, die man mit den Excrementen der Thiere verglichen hat, durch die Wurzeln der Pflanzen, leicht Glauben fand und selbst noch bis in die neueste Zeit zur Erklärung der Nothwendigkeit des Fruchtwechsels benutzt worden ist.

Decandolle [11]) ward durch eigne und die Beobachtungen

---

[9]) Thaer: *Grundsätze der rationellen Landwirthschaft;* vgl. Boussingault: *Landwirthsch.* Th. II. S. 176. „Man legte sich zunächst die Frage vor, ob die verschiedenen Pflanzengattungen eine besondere Nahrung bedürften; man sah jedoch bald, dass dem nicht so sei und dass die Organe einer jeden Pflanze den Substanzen, welche im Allgemeinen zur Ernährung der Gewächse beitragen, die ihr nöthigen Säfte entziehen. Wirklich können auch die, durch ihre botanischen Merkmale und sonstigen Eigenschaften verschiedenartigsten Pflanzen, sowohl diejenigen, welche als Nahrungsmittel dienen, wie auch die, welche im höchsten Grade giftig sind, auf einer und derselben Scholle Erde auf Kosten eines gemeinschaftlichen Düngers leben; diese Pflanzen entziehen sich sogar gegenseitig die Nahrung, welches sicher nicht stattfinden würde, wenn jede dieser Gattungen verschiedene Nahrungsstoffe verlangte."

[10]) Decandolle: *Flore française,* p. 167. „Brugmanns setzte Pflanzen in trocknen Sand und sah Wassertröpfchen aus dem Ende der Wurzelchen ausschwitzen."

[11]) Decandolle a. a. O. p. 191; und Macaire: *Zur Geschichte*

Digitized by Google

Anderer zu der Ansicht geführt, dass, da die Pflanzen sämmtliche auflösliche Bestandtheile, die sich ihren Wurzeln darbieten, aufsaugen, sie auch solche Theile mit aufnehmen müssen, die zu ihrer Nahrung untauglich sind; dass mithin, wenn der Saft seinen Kreislauf in der ganzen Pflanze gemacht und durch die Blätter, die ihn verarbeiten, eine grosse Menge Wasser verloren, dann beim Wiederabsteigen allen Nahrungsstoff, den er enthält, an die Organe der Pflanze abgetreten hat, ein Rückstand von Theilchen, die von der Pflanze nicht assimilirt zu werden vermögen, bleiben wird. Diese Theilchen, die solchergestalt das ganze System ohne Veränderung durchlaufen haben, kehren nun nach Decandolle durch die Wurzeln zum Boden zurück und machen ihn dadurch minder geeignet, ein zweites Mal zum Anbau von Pflanzen derselben Familie zu dienen, indem sie die Anhäufung auflöslicher Substanzen bewirken, welche nicht durch dieselben assimilirt zu werden vermögen; in ähnlicher Weise, als auch ein Thier nicht durch seine eignen Excremente genährt werden könnte. Diese Theorie hat Macaire Princep [12]) durch directe Versuche zu prüfen unternommen und

---

des Fruchtwechsels; Erdmann's techn. u. ökonom. Journ. XV. 45 u. ff. „Endlich bieten die Wurzeln selbst bei manchen Pflanzen besondere Excretionen dar; so bei *Carduus arvensis*, *Inula helenium*, *Scabiosa arvensis*, mehreren Euphorbien und mehreren Cichoriaceen. — Wie es scheint, sind diese Secretionen der Wurzeln nichts Andres als die Theile der eigenthümlichen Säfte, welche nicht zur Nahrung verwandt worden sind und demgemäss ausgestossen werden, wenn sie in den untern Theil der Gewächse gelangen. Vielleicht ist diese Erscheinung, die sich ziemlich schwer beobachten lässt, einer grossen Menge Pflanzen gemein. Plenk und Humboldt haben den sinnreichen Gedanken gehabt, in diesem Umstande den Grund gewisser Eigenthümlichkeiten der Pflanzen zu suchen. So weiss man, dass die Distel dem Hafer schadet, die *Euphorbia* und *Scabiosa* dem Flachs, die *Inula helenium* der Möhre, das *Erigeron acre* und der Lolch dem Weizen u. s. w. Vielleicht schwitzen die Wurzeln dieser Pflanzen Stoffe aus, welche für das Gedeihen der andern nachtheilig sind. Wenn andrerseits die *Salicaria* gern bei Weiden und die *Orobanche ramosa* gern bei Hanf wächst, so liesse sich vermuthen, dass die Secretionen der Wurzeln dieser Pflanzen dem Wachsthum andrer günstig sind."

[12]) Macaire a. a. O. S. 47—56. Die Versuche wurden in der Weise angestellt, dass völlig entwickelte Pflanzen mit unversehrten und gut abgewaschenen Wurzeln in vollkommen reines Regenwasser gesetzt wurden; sie kamen darin gut fort, entwickelten ihre Blätter und Blüthen, und Macaire fand, dass man nach einiger Zeit durch Verdampfung des Wassers, in welches ihre Wurzeln getaucht hatten, sowie durch Reagentien, deutliche Zeichen einer durch die Wurzeln Statt gehabten Ausschwitzung erhielt. Kräftige Pflanzen von *Chondrilla muralis* vegetiren sehr gut in Regenwasser und entwickeln ihre Blüthen; man wirft sie noch ganz blühend weg und ersetzt sie alle zwei Tage durch neue, damit sie nicht einmal Zeit erhalten, durch die Veränderung des Regimens zu leiden. Nach 8 Tagen hat das Wasser eine gelbe Farbe, einen deutlichen, ziemlich opiumähnlichen Geruch und bittern, etwas giftartigen Geschmack angenommen; es giebt mit der Auflösung des basischen und neutralen essigsauren Blei's einen flockigen braunen Niederschlag, trübt die Auflösung des Thierleims u. s. w. und

Digitized by Google

ist in der That durch dieselben, in Uebereinstimmung mit jener Theorie, zu den Resultaten gelangt: dass die meisten Pflanzen durch ihre Wurzeln die Substanzen ausschwitzen, welche zu ihrer Ernährung untauglich sind, dass die Beschaffenheit dieser Substanzen verschieden ist je nach der Pflanzenfamilie, der sie ihre Entstehung verdanken, und endlich dass einige derselben, welche scharf und harzig sind, dem Wachsthume anderer Pflanzen nachtheilig sein können, die andern dagegen, von milder und gummiger Beschaffenheit, zur Ernährung derselben mitwirken. Diese Versuche

---

lässt bei langsamer Verdampfung einen ziemlich beträchtlichen röthlichbraunen Rückstand. Wurden Pflanzen derselben Art, aber mit abgeschnittenen Stengeln, in Wasser gesetzt, so erhielten sie sich frisch und blühend, aber das Wasser färbte sich nicht auffallend, nahm keinen Geschmack, keinen opiumartigen Geruch an und fällte nicht das essigsaure Blei, enthielt überhaupt fast gar nichts aufgelöst. Hieraus geht also mit Bestimmtheit hervor, dass das Product, welches die ganze Pflanze geliefert hatte, wirklich das Resultat einer Ausschwitzung durch die Wurzeln sei, welche nur bei dem natürlichen Verlaufe der Vegetation stattfindet. Aehnliche Resultate wurden erhalten bei Versuchen mit Erbsen, Bohnen (die Excretion zeigte keinen merklichen Geschmack, einen schwach krautartigen Geruch; Reagentien deuteten auf Gummi und Kohlensäure; in dem mit diesen Ausscheidungsstoffen geschwängerten Wasser verwelkten Pflanzen derselben Art schnell, wohl aber kamen andere, namentlich Getreidepflanzen recht gut darin fort, und man sah dann die gelbe Farbe der Flüssigkeit an Intensität abnehmen, also eine Art *Fruchtwechsel im Kleinen, in einer Flasche)*, Weizen, Roggen und Gerste (das Wasser blieb ganz klar, durchsichtig, farblos, geruchlos und geschmacklos; es scheinen durch die Ausschwitzung der Wurzeln dieser Pflanzen blos die, der Vegetation nicht zusagenden, salzigen Substanzen eliminirt werden zu können), *Sonchus oleraceus, Papaver rhoeas, P. somniferum, Euphorbiaceen* (sondern alle einen scharfen opiumähnlichen Stoff aus), Kartoffel (sie entwickelt sich gut in Regenwasser, dieses nimmt aber fast keine Färbung an, lässt sehr wenig Rückstand und hat keinen auffallenden Geschmack, so dass diese Pflanze wahrscheinlich eine von denen ist, deren Excretionen nicht sehr reichlich und von keinem sehr entschiedenen Charakter sind).

Macaire Princep liess eine kräftige Bohnenpflanze *(Phaseolus vulgaris)* 8 Tage lang in Regenwasser vegetiren, und zwar am Tage in einer andern Flasche als während der Nacht; sie entwickelte sich sehr gut. Bei Untersuchung beider Flüssigkeiten fanden sich in beiden deutliche Zeichen der Wurzelexcretion; aber das Wasser, in welchem die Pflanze während der Nacht befindlich gewesen war, enthielt eine namhaft grössere Menge davon. Auch wenn er den Tag in eine künstliche Nacht für die Pflanzen verwandelte, sah er die Wurzelausscheidung sofort beträchtlich zunehmen. — Es wurden ferner, um zu beweisen, dass die Pflanzen sich der ihrem Wachsthum schädlichen Substanzen, die sie aufgenommen haben, wieder durch die Wurzeln entledigen, die folgenden Versuche angestellt: Pflanzen von *Mercurialis annua* wurden zur Hälfte mit ihren Wurzeln in reines Wasser, zur Hälfte in eine schwache Auflösung von essigsaurem Blei, oder von Kalk, oder Chlornatrium gestellt; in allen Fällen zeigte sich bald in dem reinen Wasser ein deutlicher Gehalt an diesen Stoffen, der auch bemerkt wurde, wenn Pflanzen, die in jenen Lösungen eine Zeitlang vegetirt hatten, nachdem die Wurzeln sorgfältig gereinigt worden waren, in reines Wasser gebracht und in demselben mehrere Tage gelassen wurden.

Digitized by Google

Macaire's und die daraus abgeleiteten Folgerungen wurden mit einer so grossen Bestimmtheit hingestellt und verdienten ein scheinbar so unzweifelhaftes Vertrauen, dass es wirklich nicht auffallend sein kann, dass die von Decandolle aufgestellte Theorie der Wechselwirthschaft immer mehr an Zuverlässigkeit und allgemein an Beistimmung gewann, und dass selbst noch Liebig[13]) als Vertheidiger derselben auftrat, obgleich derselbe in der neuesten Zeit seine Ansicht hierüber, wenigstens zum Theil, geändert zu haben

---

[13]) Liebig geht in der 1. Auflage seiner *Agriculturchemie* (1840) noch ausführlich auf die von Decandolle aufgestellten Ansichten ein, indem er, S. 145, bemerkt: „Unter allen Vorstellungen, die man sich über die Ursache der Vortheilhaftigkeit des Fruchtwechsels geschaffen hat, verdient die Theorie des Herrn Decandolle als die einzige genannt zu werden, welche eine feste Grundlage besitzt;" — u. S. 148: „Nach den theoretischen Betrachtungen über den Ernährungsprocess, sowie den Erfahrungen aller Landwirthe, welche eine so schöne Erläuterung durch die Versuche von Macaire Princep gefunden haben, unterliegt es keinem Zweifel, dass die Pflanzen Materien ausschwitzen, durch die sie dem Boden den Kohlenstoff wiedergeben, den sie von seinem Humus in ihrer frühesten Periode der Entwickelung empfangen haben u. s. w." — In den spätern Auflagen des angeführten Werkes beschränkt er jedoch seine Angaben über diesen Gegenstand auf die folgenden Bemerkungen (5. u. 6. Aufl., 1843 u. 1846; S. 222 u. ff.): „Das Vorhandensein eines Secretions- und Excretionsprocesses ist von einigen Physiologen behauptet, von anderen wieder geläugnet worden, so dass in diesem Augenblicke die Meinungen darüber getheilt sind. Niemand zweifelt indessen daran, dass der an den Blättern und grünen Theilen der Gewächse sich ausscheidende Sauerstoff ein Excrement ist. Wir haben in den Blüthen flüchtige Oele, kohlen- und wasserstoffreiche Verbindungen, die ebenfalls zu weiteren vitalen Processen nicht mehr verwendbar sind; wir sehen aus der Rinde Harze, Balsame und Gummi ausfliessen, aus Blättern und Blatthaaren Zucker und schleimige Materien ausschwitzen. — Viele Rinden der Bäume sind insofern wahre Excremente, als sie von der lebendigen Pflanze stammen und an keiner ihrer Lebensfunctionen weitern Antheil mehr nehmen; sie können von der Pflanze weggenommen werden, ohne dass ihr Bestehen hierdurch gefährdet wird. Die meisten Platanen werfen bekanntlich jedes Jahr ihre Rinden ab, in ihrer wahren Bedeutung aufgefasst; es sind also in dieser Holzpflanze aus gewissen in ihrem Lebensprocess erzeugten Verbindungen Materien entstanden, welche, zu einer weitern Veränderung unfähig, abgesondert werden. Wir haben allen Grund zu glauben, dass diese Absonderung an der ganzen Oberfläche stattfindet; wir beobachten sie nicht nur am Stamme, sondern auch an den kleinsten Zweigen, und wir müssen daraus schliessen, dass dieser Excretionsprocess auch an den Wurzeln vor sich geht. Wir sehen, dass das Regenwasser, worin ein Weidenzweig vegetirt, sich nach und nach dunkelbraun färbt; wir beobachten die nämliche Erscheinung an Zwiebelgewächsen (Hyacinthen), die wir in reinem Wasser wachsen lassen. Eine Ausscheidung von Excrementen kann demnach bei den Pflanzen nicht geläugnet werden, wiewohl es möglich ist, dass sie nicht bei allen Pflanzen in gleichem Grade stattfindet. Die Bereicherung des Bodens an organischen Stoffen, durch den Anbau perennirender Gewächse, wie Esparsette und Luzerne, die sich durch eine starke Wurzelverzweigung und ebenso starken Blätterwuchs auszeichnen, wird von den meisten Agronomen als eine ausgemachte Thatsache angesehen, die in dem Obigen vielleicht ihre Erklärung findet."

Digitized by Google

scheint, wenn er auch noch jetzt jene Ausscheidung von Excrementen durch die Wurzeln vieler Pflanzen für erwiesen hält, jedoch dieser Erscheinung jene allgemeine und wichtige Bedeutung zuzuschreiben nicht mehr geneigt ist.

Es sind die von Macaire Princep mitgetheilten Versuche und Beobachtungen, mit einigen Modificationen, von Braconnot[14]) —

---

[14]) Heinrich Braconnot: *Ueber den Einfluss der Pflanzen auf den Boden;* Journ. f. pr. Ch. XIX. 498—508. 1840. Ein grosser Oleanderstrauch mit gefüllter Blüthe *(Nertum grandiflorum)* wurde in einen Topf gebracht, der unten keine Oeffnung hatte; obgleich seine Wurzeln in ziemlich magerer Erde stark zusammengepresst waren, wuchs er doch sehr stark darin und trug 3 Jahre lang jeden Sommer eine unzählige Menge grosser und schöner Blüthen. Gegen Ende der Blüthezeit, nach 3 Jahren, wurde er einige Tage lang nicht begossen und sodann, nachdem eine Oeffnung in den untern Theil des Topfes gemacht worden war, ohne die Pflanze zu zerstören, nach und nach die Erde mit reinem Wasser ausgewaschen, sowie die zahlreichen Wurzeln, welche sie enthielt. Braconnot erhielt eine durchsichtige, gelbliche, fast farblose Flüssigkeit von einem nicht sehr bestimmten Geschmacke; an der Luft trübte sie sich und setzte eine beträchtliche Menge von kohlensaurem Kalke ab. Ein halbes Litre derselben Flüssigkeit, bis zur Trockne abgedampft, liess 3,1 Grm. eines salzigen pulverigen Rückstandes von gelblichweisser Farbe und Salzgeschmack, aber ohne merkliche Bitterkeit zurück; die Analyse ergab an Bestandtheilen dieses Gemenges:

Saurer kohlensaurer Kalk und kohlensaure Magnesia	1,10 Grm.
Chlormagnesium	0,35 „
In Alkohol lösliche Pflanzensubstanz, ungefähr . .	0,05 „
Apothem von Gerbstoff, ungefähr	0,15 „
Chlornatrium, Chlorkalium, schwefels. Kalk, schwefelsaures Kali	1,42 „
Phosphorsaures Kali	Spur „
	3,07 Grm.

Man muss zugestehen, dass sich dieses Resultat nicht leicht mit der Theorie in Uebereinstimmung bringen lässt, nach der die Pflanzen, deren eigenthümliche Säfte scharfe und bittere Stoffe enthalten, einen Theil dieser Substanzen durch ihre Wurzeln ausscheiden, weil die des Oleanders, dessen giftige Schärfe wohl bekannt ist, nichts Aehnliches nach Verlauf von 3 Jahren erzeugt hat. — Braconnot wiederholte ferner den Versuch Macaire's mit *Chondrilla muralis*, bediente sich aber statt dieser Pflanze des gemeinen Lattichs, und in der That gaben ihm die Wurzeln beim Vegetiren in Wasser Resultate ganz ähnlich denen, welche Macaire erhalten hatte. Er zog jedoch nicht dieselben Schlüsse daraus, denn er bemerkte sogleich, was wirklich bei diesen Pflanzen der Fall ist, dass nämlich alle Theile derselben, vorzüglich in ihrer Jugendzeit, eine so grosse Reizbarkeit besitzen, dass die geringste Reibung hinreicht, um den milchigen Saft ausfliessen zu lassen, und es ist fast unmöglich, beim Herausnehmen und Waschen der Wurzeln nicht einzelne Theile ihrer Fasern zu verletzen. Es schien sogar reines Wasser eine reizende Wirkung auf den Hauptkörper dieser Wurzeln zu haben, denn Braconnot bemerkte, dass zuweilen auf ihrer Oberfläche weisse Tröpfchen eines eigenthümlichen Saftes ausschwitzten, welche an denselben Wurzeln, wenn sie nur eben erst aus der Erde genommen waren, sich nicht befanden. Uebrigens würde es in dem letztern Falle nicht unmöglich sein, dass ähnliche Ausschwitzungen zufällig durch die Anwesenheit von Insecten stattfänden. Auch scheint der

Digitized by Google

wiederholt worden, haben diesem Chemiker jedoch ganz andere Resultate geliefert und scheinen darzuthun, dass die Pflanzen keine

---

Umstand, dass, nachdem einige der Verzweigungen dieser Pflanze abgeschnitten waren, der milchige Saft nicht mehr so reichlich wie vorher hervortrat, zu beweisen, dass die Wurzeln im Wasser leiden, ungeachtet sich der übrige Theil der Pflanze in einem kräftigen Zustande zu befinden scheint. — Aehnliche Versuche, mit *Euphorbia Peplus, E. Breoni* und *Asclepias incarnata* angestellt, liessen das reine Wasser fast farblos und ohne Geschmack, und dieses lieferte beim Eindampfen einen sehr geringen salzigen Rückstand von Kali- und Kalksalzen mit Spuren von Humusextract, aber durchaus nicht jene gummiharzige, sehr scharfe und im Halse kratzende Substanz, welche Macaire erhalten zu haben vorgiebt. — Endlich stellte Braconnot noch den folgenden Versuch an: In einer Rabatte des botanischen Gartens zu Nancy, die seit langer Zeit keinen Dünger erhalten hatte, wurden Mohnkörner *(Papaver somniferum)* gesäet. Seit 10 Jahren wurde diese Pflanze in demselben Boden cultivirt, ohne dass man bemerkt hätte, dass sie auf eine sehr merkliche Weise ausgeartet sei. Um die Zeit, wo die Kapseln dieser Pflanze reif wurden, und nach langer Dürre wurden in der Nähe der Wurzeln ungefähr 2 Kilogr. Erde behutsam gesammelt; diese wurden durchgesiebt, um die möglicher Weise darin enthaltenen Wurzelfasern abzusondern, und darauf mit reinem Wasser ausgewaschen. Ein halbes Litre des filtrirten Waschwassers, welches fast geschmacklos war und eine gelbliche Farbe besass, gab nach dem Abdampfen 0,4 Grm. eines bräunlichgelben Extractes, das einen bittern und salzigen Geschmack besass und nach qualitativer Untersuchung folgende Bestandtheile enthielt:

Chlorcalcium, Essigsauren Kalk } beträchtliche Menge;
Organische Substanz, von schwachem Geschmacke, löslich in Wasser, unlöslich in Alkohol;
Kohlensauren Kalk;
Schwefelsauren Kalk;
Humusextract;
Chlornatrium u. schwefelsaures Kali, Spuren.

Es lässt sich mit einigem Grunde annehmen, dass die Substanz von schwachem Geschmack dem Boden durch den Mohn mitgetheilt worden ist. Es ist jedoch zweifelhaft, ob man sie als eine Excretion der Wurzeln betrachten soll, oder ob sie nicht vielmehr von der Zersetzung dieser letztern herrührt, sowie anderer Theile der Pflanze. Diese letztere Annahme scheint Braconnot wahrscheinlicher zu sein, weil man im Boden die Fasern derselben Wurzeln in einem mehr oder weniger vorgerückten Zustande der Zersetzung bemerkt. Dieses gilt, nach demselben Chemiker, vielleicht nicht von der Essigsäure, welche er in demselben Boden fand; es wäre möglich, dass sie am Ende der Wurzeln der Mohnpflanzen ausgeschwitzt ist, oder wenigstens während des Keimens der Körner, weil Becquerel und Matteucci beständig Essigsäure erhalten haben, wenn sie Körner in kohlensaurem Kalke vegetiren liessen (Ann. de Ch. et de Ph. LV. p. 310). Wie dem auch sei, so fand Braconnot, dass der essigsaure Kalk, und in geringerem Grade auch die essigsaure Magnesia, der Vegetation von *Mercurialis* sehr schadete, und diese Pflanze, wenn sie in sehr schwache Lösungen jener Salze (0,1 Grm. essigsaurer Kalk auf 1 Decilitre reines Wasser) gestellt war, nach Verlauf von 6 Tagen verwelkt und zum Theil vertrocknet war. — Die Wiederholung des Versuches von Macaire mit einer schwachen Auflösung von essigsaurem Blei liess sehr leicht er-

Digitized by Google

solche giftige Excretionen durch die Wurzeln ausstossen und dass also Macaire Princep sich geirrt haben muss. Braconnot bemerkt zu seinen Versuchen, dass sie der auf die Excretionen der Wurzeln gegründeten Theorie der Wechselwirthschaft nicht günstig seien, und dass wenigstens diese Excretionen, wenn sie auch wirklich im normalen Zustande stattfinden, doch übrigens so dunkel und wenig bekannt sind, dass man vermuthen darf, man müsse zu andern Ursachen seine Zuflucht nehmen, um den günstigen Einfluss des genannten Systemes zu erklären. Auch Mulder[15]) ist der Ansicht, dass eine Aussonderung von Salzen und andern Stoffen, deren die Pflanze nicht bedarf, durch die Wurzeln nicht erwiesen sei, jedoch glaubt er, dass eine solche in Folge der Gesetze der Endosmose und Exosmose stattfinden könne; dass übrigens die Ausgabe von Pflanzenbestandtheilen durch die Wurzeln, wenn eine solche bestehe, nur unbedeutend sein könne, weil die Flüssigkeit der äussersten Fibrillen sehr wenig feste Stoffe enthält[16]). Boussingault hat gleichfalls die von Decandolle

---

kennen, dass dieses Salz nur durch Capillarattraction der Wurzeln in das reine Wasser übergegangen war, beinahe so, wie man es vermittelst mehrerer wollenen Fäden hätte machen können. *Mercurialis annua* absorbirt nicht nur die Auflösung von essigsaurem Bleioxyd, um sie vermittelst der Wurzeln in dem ganzen organischen Systeme zu verbreiten, sondern Braconnot bemerkte auch, dass dasselbe Salz sich mit der Oberfläche der letztern fast wie auf einem Gewebe verband. Dies ist wahrscheinlich der Grund, warum bei einem Versuche Macaire's solche Wurzeln, nachdem sie gehörig gewaschen und einige Zeit in reines Wasser eingetaucht worden waren, Spuren von Blei gaben.

[15]) Mulder: *physiolog. Chemie*, S. 680: „Ich würde diese Angabe mit Stillschweigen übergehen, wenn aus den bekannten Erscheinungen der Endosmose nicht zu folgen schiene, dass der Eintritt fester Stoffe in die Pflanzenwurzel nicht stattfinden kann, ohne dass gleichzeitig Verbindungen austreten. Es ist kein Beispiel von Endosmose bekannt, wo nicht am Ende die sich austauschenden Flüssigkeiten eine gleichmässige Concentration erlangen, wo nicht ein *Wechsel* in zwei einander entgegengesetzten Richtungen erfolgt. Ich halte es daher für sehr wahrscheinlich, dass die Wurzelfasern, wenn sie durch Endosmose die Flüssigkeiten des Bodens in sich aufnehmen, ihrerseits Bestandtheile dagegen *austauschen*. Auf diese Weise also, nicht aber in Folge eigentlicher Excretion, würde die Pflanze den Boden wirklich mit ihren Bestandtheilen bereichern. Das Niedersteigen der Pflanzensäfte von den Blättern nach dem Stamme und von hier zu den Wurzeln, eine Thatsache, welche gegenwärtig nicht mehr geläugnet werden kann, hat diesem Punkte, den endosmotischen Wechsel der Pflanzenbestandtheile unter sich und also auch mit denen des Bodens betreffend, ein neues Gewicht verliehen."

[16]) Mulder a. a. O.: „Rayney hat (l'Institut 1844. Nr. 551) beobachtet, dass eine Menge Pflanzen viel mehr Wasser aufsaugen, wenn man sie in reines Wasser bringt, als in verdünnten Auflösungen anderer Stoffe. Im letzteren Falle hat der übrigbleibende nicht aufgesogene Theil dasselbe specifische Gewicht, wie die ganze Menge vor dem Versuche besass." Vgl. das früher, S. 444, Mitgetheilte

Digitized by Google

aufgestellte Theorie der Wechselwirthschaft verworfen, weil sie nicht auf hinlänglich genauen Beobachtungen zu beruhen scheine; und selbst wenn man auch die Absonderungen durch die Wurzeln als vollkommen erwiesen annehmen wolle, so zeige die Erfahrung doch zahlreiche Beispiele, dass viele Pflanzen in einem, mit ihren Excretionsmaterien erfüllten Boden fortfahren können zu vegetiren [17]), und namentlich findet Boussingault den Haupteinwurf, den man jener Hypothese machen könne, darin, dass es unwahrscheinlich sei, dass eine auflösliche organische Materie, wie die Excretionen, nicht faulen, sondern Jahre lang der Zersetzung widerstehen sollte, welche alle organischen Materien erleiden, die dem vereinigten Einflusse von Wärme und Feuchtigkeit ausgesetzt sind.

Dennoch steht der Nutzen der Wechselwirthschaft durch zahlreiche Erfahrungen fest, und es ist keinem Zweifel unterworfen, dass es Pflanzen giebt, die sich erst nach längerer oder kürzerer Zeit auf demselben Boden mit Vortheil wieder produciren lassen. Die Ursache dieser Erscheinungen ist, nach Boussingault, noch in ein tiefes Dunkel gehüllt, und alle zu einer Erklärung ersonnenen Hypothesen sind unvollkommen. Man glaubte in früherer Zeit, — und vor Kurzem hat noch Schmalz [18]) diese Erklärung wieder geltend zu machen gesucht, — dass die Vortheile des Wechsels mit Blatt- und Hackfrüchten einerseits und Halmfrüchten andererseits darin ihren Grund hätten, weil jene durch ihre tiefer gehenden Wurzeln in den Stand gesetzt wären, die ihnen aus dem Boden zufliessende Nahrung aus dem Untergrunde zu ziehen, während sie die eigentliche Ackerkrume nicht erschöpften und die ganze in derselben vorhandene Kraft für die Cultur der mit flachen Wurzeln versehenen Getreidearten zurückliessen. Es ist überflüssig, auf

---

[17]) Boussingault: *Landwirthsch.* Th. II. S. 178: „Die Cultur der Halmfrüchte z. B. kann, streng genommen, ohne Unterbrechung fortgesetzt werden, wie es auch bei der Dreifelderwirthschaft stattfindet. Auf den Hochebenen der Anden habe ich Getreideländereien gesehen, welche seit 2 Jahrhunderten jährlich gute Ernten an Körnern liefern; der Mais kann sich gleichfalls fortwährend ohne den mindesten Uebelstand auf demselben Boden erzeugen, was eine im südlichen Europa wohlbekannte Thatsache ist; auch auf einem grossen Theile der Küste von Peru erzeugt das Land nichts Andres, und das zwar schon seit einem Zeitraume, welcher vielleicht noch vor der Entdeckung von Amerika seinen Anfang nahm. Die Kartoffel kann noch immer auf denselben Schlag zurückkehren; zu Santa-Fé, zu Quito, geschieht der Anbau dieser Knollen oft ohne Unterbrechung, und wohl nirgends erhielt man Producte von vorzüglicherer Güte als hier. Auch der Indigo und das Zuckerrohr gehören zu dieser Classe von Gewächsen. In Europa wird der Topinambour fast immer auf einer und derselben Stelle angebaut. Man muss daher wohl annehmen, dass, wenn alle diese Pflanzen durch ihre Wurzeln Materien absondern, diese doch keineswegs von der Beschaffenheit sind, dass sie den Gang der Vegetation der Gattungen, welche sie erzeugten, hemmen."

[18]) Friedr. Schmalz: *Ueber die Theorie des Fruchtwechsels;* Journ. f. pr. Ch. XXI. 389—395. 1840.

Digitized by Google

diese Erklärungsweise näher einzugehen, da es auf der Hand liegt, dass ein solches abwechselndes Erschöpfen des Untergrundes und der Ackerkrume in der Natur nicht stattfinden könne, und auch manche Erfahrungen, die nur für die Cultur einzelner, keineswegs aller tiefwurzeliger Pflanzen nach dem Anbau von Halmfrüchten zu sprechen scheinen, mit jener Ansicht nicht in Uebereinstimmung zu bringen sind. Wir haben schon oben darauf aufmerksam gemacht, dass die Blatt- und Hackfrüchte, freilich mehr oder weniger, aus dem Grunde sehr vortheilhaft wirken, weil sie den Boden auflockern, ihn dadurch den atmosphärischen Einflüssen zugänglicher machen und ihn so für den Anbau der Getreidearten vorbereiten, dass ferner diese mit grossem Blattvermögen versehenen Pflanzen dem Aufkommen und der Verbreitung schädlicher Kräuter hindernd in den Weg treten, und dass endlich diese Vegetabilien den Haupttheil ihrer organischen Nahrungsstoffe den Bestandtheilen der Atmosphäre entnehmen, aus welchem Grunde sie den im Boden befindlichen Humus nicht erschöpfen, sondern in Folge der bedeutenden Abfälle an Wurzeln oder Blättern im Gegentheil den Gehalt an vegetabilischer Materie in der Ackerkrume noch vermehren; ausserdem hat die Analyse der betreffenden Pflanzenaschen ergeben, dass auch die anorganischen Bestandtheile, welche durch die Cultur verschiedener Gewächse dem Boden entzogen werden, in quantitativer und selbst in qualitativer Hinsicht von sehr verschiedener Natur sind. Auf diese Thatsachen nun gestützt, hat man gegenwärtig zur Erklärung der Vortheile, welche die Wechselwirthschaft augenscheinlich darbietet, hauptsächlich zweierlei Ansichten entwickelt, je nachdem man den organischen oder den mineralischen Bestandtheilen des Bodens auf die üppige Entwickelung der auf ihm gedeihenden Pflanzen vorzugsweise einen bedeutenden Einfluss zuerkennt; beide Ansichten kommen darin überein, dass beiderlei Stoffen ihre Bedeutung für die Ernährung der Pflanzen inne wohne, nur, wie wir bereits früher ausführlich mitgetheilt haben, dass die Anhänger der einen Ansicht, wie Boussingault[19]) u. A., dem Humusgehalte

[19]) Boussingault a. a. O. S. 179: „Einer der unläugbarsten Vortheile der Wechselwirthschaft besteht in dem periodischen Anbau von Futterkräutern. Indem also der Landwirth diese Pflanzen so viel wie möglich mit denen abwechseln lässt, die den Boden erschöpfen, ersetzt er diesem wenigstens zum Theil die erlittenen Verluste wieder. Bei der Wechselwirthschaft muss man ein Cultursystem aufsuchen, welches die grösste Masse vegetabilischer Materie mit dem geringsten Aufwande von Dünger und in der kürzesten Zeit hervorzubringen gestattet. Ein solches System kann man aber nur verwirklichen, wenn man in die Umlaufsperiode Pflanzen aufnimmt, die einen beträchtlichen Theil ihrer Nahrung aus der Luft schöpfen. Der Theorie nach ist diejenige Eintheilung der Felder die vortheilhafteste, die während des Umlaufs eine Menge organischer Materie erzeugt, welche die als Dünger in den Boden gebrachte organische Materie am meisten übertrifft; und dies kommt damit auf Eins hinaus, dass die beste Fruchtfolge diejenige ist, in welcher die Gewächse am meisten aus der Luft aufnehmen. So wenigstens giebt es die Analyse; in der Wirklichkeit ist es jedoch durchaus anders,

Digitized by Google

des Bodens ein directes Ernährungsvermögen zuschreiben und, wenigstens für die meisten der in Cultur genommenen Pflanzen, die Gegenwart der Humussubstanzen als unentbehrlich betrachten, während die Anhänger der andern Meinung mit Liebig [20]) den Werth jener organischen Substanz nur insofern zu schätzen wissen, als dieselbe in Folge ihrer Verwesung in Kohlensäure, Ammoniak und Wasser zerfällt und erst dann die Pflanzen unmittelbar mit assimilirbaren Nahrungsstoffen versieht; Liebig sieht ferner die Ursache

---

Hier ist es weniger die *Menge* der erzeugten organischen Materie über die im Dünger enthaltene, als vielmehr der *Werth*, was das Nachdenken des Landwirthes rücksichtlich seines materiellen Vortheils in Anspruch nehmen muss u. s. w."

[20]) Liebig: *Agriculturchemie*, S. 221: „Es ergiebt sich aus dem Vorhergehenden, dass die Vortheilhaftigkeit des Fruchtwechsels darauf beruht, dass die Culturgewächse ungleiche Mengen gewisser Nahrungsstoffe dem Boden entziehen. In einem fruchtbaren Boden müssen die Pflanzen alle zu ihrer Entwickelung unentbehrlichen anorganischen Bestandtheile in hinreichender Menge und in einem Zustande vorfinden, welcher der Pflanze die Aufnahme gestattet. Ein durch die Kunst vorbereitetes Feld enthält eine gewisse Summe dieser Bestandtheile, sowie verwesende Pflanzenstoffe und Ammoniaksalze. Wir lassen auf eine Kalipflanze (Rüben, Kartoffeln) eine Kieselpflanze (Halmfrucht), auf diese eine Kalkpflanze (Erbsen, Klee) folgen. Alle diese Pflanzen bedürfen der Alkalien und phosphorsauren Salze, die Kalipflanze der grössten Menge an ersteren und der kleinsten Zufuhr an den anderen. Die Kieselpflanze bedarf neben löslicher Kieselsäure, welche die Kalipflanze zurücklässt, einer beträchtlichen Menge phosphorsaurer Salze, die darauf folgende Kalkpflanze kann den Boden so weit an diesem wichtigen Bestandtheile erschöpfen, dass nur noch so viel übrig bleibt, um einer Ernte Hafer oder Roggen die Samenbildung zu gestatten. Von der Quantität der vorhandenen kieselsauren und phosphorsauren Alkalien oder Kalk- und Bittererdesalzen hängt die Anzahl der zu erzielenden Ernten ab. Der vorhandene Vorrath kann für zwei Ernten einer Kali-, einer Kalkpflanze, für drei und mehr Ernten einer Kieselpflanze, und alle zusammen genommen für 5, für 7 Ernten hinreichen, allein nach dieser Zeit müssen alle Mineralsubstanzen, welche wir dem Boden in der Form von Frucht, Kraut und Stroh genommen haben, wieder erneuert, das Gleichgewicht muss wieder hergestellt werden, wenn das Feld wieder seine ursprüngliche Fruchtbarkeit erhalten soll. Dies geschieht durch den *Dünger*. Man kann annehmen, dass in den Wurzeln und Stoppeln der Getreidepflanzen, in den fallenden Blättern der Holzpflanzen der Boden so viel Kohlenstoff wieder empfängt, als er im Beginn der Vegetation in der Form von Kohlensäure, die durch Verwesung von Humus erzeugt wurde, von ihm empfing; das Kraut der Kartoffeln, die Wurzeln des Klees bleiben ebenfalls im Boden zurück; während diese Ueberreste im Winter in Fäulniss und Verwesung übergehen, findet die junge Pflanze, das Samenkorn, eine neue Quelle der Kohlensäurebildung wieder vor. Durch diese Pflanzen wird der Boden an Humus nicht erschöpft. Man kann zuletzt aus theoretischen Gründen schliessen, dass der Boden von den Pflanzen während ihres Lebens ebenso viel oder mehr noch an kohlenstoffreichen Materien empfängt, als er an sie abgiebt, dass er durch einen an der Oberfläche der Wurzelfasern vor sich gehenden Excretionsprocess an Stoffen bereichert wird, die während des Winters in Fäulniss und Verwesung und damit wieder in Humus übergehen."

Digitized by Google

der Erschöpfung des Bodens durch die Cultur oder das Vortheilhafte der Wechselwirthschaft darin, dass eben die Pflanzen verschiedene *anorganische* Nahrungsstoffe oder dieselben Substanzen, aber in ungleicher Menge, dem Boden entziehen, so dass also dieser für die eine Pflanze schon unfruchtbar ist, während eine andere noch in üppiger Fülle in demselben gedeihen kann; die organische vegetabilische Substanz aber, welche die Ackererde enthält, ist für alle in Cultur genommenen Pflanzen gleich thätig, indem sie die Fixirung von Ammoniak und Feuchtigkeit in dem Boden zur Folge hat, indem sie diesem eine lockere Beschaffenheit ertheilt, also die physikalischen Eigenschaften desselben meistens verbessert, und indem sie durch ihre eigene Verwesung eine langsame und fortdauernde Quelle von Kohlensäure den Pflanzen darbietet; die Quantität aber dieser verwesenden humusartigen Substanz nimmt selten in einem Ackerboden ab, häufig sogar wird sie vermehrt, weil in den Wurzeln und Blättern der geernteten Früchte oftmals der Ackerkrume an vegetabilischen Stoffen mehr zurückgegeben wird, als in Folge des Verwesungsprocesses ihr entzogen worden war.

Wir haben jetzt noch einige quantitativ-chemische Untersuchungen mitzutheilen, die von Boussingault unternommen wurden, um den Werth eines für eine bestimmte Gegend schon seit vielen Jahren mit Vortheil angewendeten Fruchtwechsels herauszustellen, in der Art, dass die in einer Reihe von Ernten enthaltene organische Materie mit derjenigen verglichen wurde, welche in dem zu ihrer Erzeugung verbrauchten Dünger vorhanden war; auf einem wohlverwalteten Gute nämlich, wo man schon seit längerer Zeit ein unverändertes Cultursystem befolgte, ist man sicher im Stande, hinreichend genaue Angaben zu sammeln, welche diese Erörterung aufzuklären und nach jedesmaliger Beschaffenheit des Klima's und des Bodens zu bestimmen vermögen, bei welcher Art des Fruchtwechsels der grösste Ueberschuss an organischer Materie über die in dem angewendeten Dünger erzeugt wird. Eine solche Untersuchung ist nun von Boussingault[21]) für das Gut zu Bechelbronn ausgeführt worden, indem er durch die Analyse die Zusammensetzung des Düngers und der Ernten ermittelte. Aus zahlreichen Analysen und Berechnungen ergab sich das Resultat, dass die Umläufe, welche den Klee oder die Luzerne aufnehmen, das grösste Verhältniss an organischer Materie liefern, welches aus der Erfahrung eine schon längst festgestellte Thatsache ist. Es zeigte sich ferner, dass der Stickstoff der Ernten den Stickstoff des Dün-

[21]) Boussingault (*Landwirthsch.* Th. II. S. 183 u. ff.) bestimmte zunächst die Elementarzusammensetzungen der gewöhnlichen Culturpflanzen oder der gebräuchlichsten vegetabilischen Nahrungsmittel. Die Resultate dieser Untersuchungen findet man in den folgenden beiden Tabellen zusammengestellt; die eine giebt die Menge an trockner Materie (bei 110° C.) und Wasser, welche in den untersuchten Substanzen enthalten sind, und die andere deren Elementarzusammensetzung.

Digitized by Google

gers immer übertrifft, und Boussingault nimmt an, dass dieser

Substanzen.	Trockne Materie.	Wasser.
Weizen	0,855	0,145
Roggen	0,834	0,166
Hafer	0,792	0,208
Weizenstroh	0,740	0,260
Roggenstroh	0,813	0,187
Haferstroh	0,713	0,287
Kartoffeln	0,241	0,759
Runkelrüben	0,122	0,878
Steckrüben	0,075	0,925
Topinambour	0,208	0,792
Erbsen	0,914	0,086
Erbsenstroh	0,882	0,118
Kleeheu	0,790	0,210
Topinambourstengel	0,871	0,129.

Zusammensetzung der geernteten Producte, im luftleeren Raume bei 110° C. getrocknet.

Substanzen.	Mit der Asche.					Ohne Asche.			
	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Asche.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.
Weizen	46,1	5,8	43,4	2,3	2,4	47,2	6,0	44,4	2,4
Roggen	46,2	5,6	44,2	1,7	2,3	47,3	5,7	45,3	1,7
Hafer	50,7	6,4	36,7	2,2	4,0	52,9	6,6	38,2	2,3
Weizenstroh	48,4	5,3	38,9	0,4	7,0	52,1	5,7	41,8	0,4
Roggenstroh	49,9	5,6	40,6	0,3	3,6	51,8	5,8	42,1	0,3
Haferstroh	50,1	5,4	39,0	0,4	5,1	52,8	5,7	41,1	0,4
Kartoffeln	44,0	5,8	44,7	1,5	4,0	45,9	6,1	46,4	1,6
Runkelrüben	42,8	5,8	43,4	1,7	6,3	45,7	6,2	46,3	1,8
Steckrüben	42,9	5,5	42,3	1,7	7,6	46,3	6,0	45,9	1,8
Topinambour	43,3	5,8	43,3	1,6	6,0	46,0	6,2	46,1	1,7
Gelbe Erbsen	46,5	6,2	40,0	4,2	3,1	48,0	6,4	41,3	4,3
Erbsenstroh	45,8	5,0	35,6	2,3	11,3	51,5	5,6	40,3	2,6
Kleeheu	47,4	5,0	37,8	2,1	7,7	51,3	5,4	41,1	2,2
Topinambourstengel	45,7	5,4	45,7	0,4	2,8	47,0	5,6	47,0	0,4.

Wenn man die in der letzten Tabelle befindlichen Zahlen mit Aufmerksamkeit prüft, so bemerkt man bei manchen Substanzen eine grosse Aehnlichkeit in ihrer Zusammensetzung; wenn man die Asche abzieht, so wird die Uebereinstimmung vollständig, und man sieht, dass mehrere, übrigens sehr verschiedene Merkmale und Eigenschaften darbietende Substanzen, dennoch eine gleiche Zusammensetzung haben; ein wirklich auffallendes Resultat, wovon Boussingault sich keine Erklärung zu geben getraut.

Der zu Bechelbronn angewendete Dünger ist solcher, welchen man gewöhnlich mit dem Namen Stallmist bezeichnet: er besteht aus den Excrementen der Pferde, des Rindviehs, der Schweine und dem von dem Harn der Thiere durchdrungenen Streustroh. Der Mist wurde auf die Felder gebracht, nachdem er in Haufen gegohren hatte; es war halb verwester Dünger, das Streustroh war nicht vollständig zersetzt, noch biegsam und faserig. In diesem Zustande kann der Dünger eine beträchtliche Menge Feuchtigkeit zurückhalten. Der während des Winters von 1837 auf 1838 zubereitete Dünger verlor, bei 110° im luftleeren Raume getrocknet, 79,62 Proc. Wasser; der von 1838 auf 1839 berei-

Digitized by Google

Ueberfluss an Stickstoff aus der Atmosphäre stammt; was die Art

tete 78,8 und der während des Sommers 1839 bereitete Dünger 80,36 Proc. Sechs verschiedene Analysen wurden ausgeführt von diesem, zu verschiedenen Zeiten bereiteten und bei 110° im luftleeren Raume getrockneten Dünger; I. war im Winter von 1837 bis 1838, II. im Winter von 1837 auf 1838, III. im Winter 1837 auf 1838, IV. im Frühling 1838 und V. im Frühling 1839 zubereitet worden.

Zusammensetzung des analysirten Düngers.

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Salze u. Erde.
I.	32,4	3,8	25,8	1,7	36,3
II.	32,5	4,1	26,0	1,7	35,7
III.	38,7	4,5	28,7	1,7	26,4
IV.	36,4	4,0	19,1	2,4	38,1
V.	40,0	4,3	27,6	2,4	25,7
VI.	34,5	4,3	27,7	2,0	31,5
Mittel.	35,8	4,2	25,8	2,0	32.2.

Zu Bechelbronn hat man seit sehr langer Zeit einen fünfjährigen Fruchtwechsel angenommen. Der Umlauf ist folgender:

1. Jahr: Kartoffel oder Runkelrüben, gedüngt.
2. „ Weizen, im Herbst des ersten Jahres gesäet; im Frühjahr mit Klee gesäet.
3. „ Klee, 2 Hiebe; der 3. wird untergebracht.
4. „ Weizen, auf den umgebrochenen Klee; nach der Ernte Steckrüben.
5. „ Hafer.

Die Haferernte, welche den Umlauf beschliesst, ist gewöhnlich ziemlich schlecht. Der Boden ist alsdann fast auf denselben Zustand der Fruchtbarkeit zurückgekommen, in welchem er sich vor dem Düngen befand, und man weiss aus Erfahrung, dass es nicht gerathen sein würde, noch eine Ernte von einigem Belang darauf zu ziehen.

Der Schlag, der den Umlauf eröffnet, empfängt 27 Ladungen Dünger, welche 49086 Kilogr. wiegen und 10161 Kilogr. trocknem Dünger entsprechen. Die oben mitgetheilten Analysen zeigen, dass eine solche Gabe von Dünger, welche den Boden während der Dauer des Umlaufs (5 Jahre) befruchten soll, enthält:

	Kilogrm.
Kohlenstoff	3637,6
Wasserstoff	426,8
Sauerstoff	2621,5
Stickstoff	203.2
Salze u. Erde	3271,9
	10161.0.

Boussingault fährt a. a. O. fort: „Ich werde jetzt nach den vorhandenen Angaben die Beziehung vergleichen, die für verschiedene Schläge zwischen der Menge der in den Boden gebrachten organischen Materien und der, welche man in den geernteten Producten wiederfindet, besteht. Diese Vergleichung wird uns in den Stand setzen, das gegenseitige Verhältniss der Elementarstoffe zu bestimmen, welche die verschiedenen Arten der Ernten aus der Luft und dem Boden aufnehmen; auf diese Weise werden wir die Schläge kennen lernen, welche den Boden weniger erschöpfen, d. h. bei welcher Reihenfolge die Culturen das grösste Verhältniss organischer Materie aus der Luft entziehen. — Die in der *ersten* und *zweiten* Tafel angegebene Fruchtfolge ist diejenige, welche in Bechelbronn und dem grössten Theile des Elsass angenommen ist. Diese beiden Umläufe, die nur in der aufgenommenen Hackfrucht, bei dem einen die Kartoffel, bei dem andern die Runkelrübe, von einander abweichen, bieten keine wesentlichen Unterschiede;

Digitized by Google

und Weise anlangt, wie dieser Stoff von den Gewächsen aufge-

---

es wird dabei fast dieselbe Menge trockner organischer Materie auf dem Hectare erzeugt und fast dieselbe Menge organischer Materie aus der Atmosphäre aufgenommen. — Der Schlag No. III wurde von Schwerz auf Hohenheim eingeführt; die Theorie zeigt, dass dies einer der vortheilhaftesten Wechsel ist. Man hat diesen Schlag auch in Bechelbronn versucht, allein hier ist man davon abgegangen, weil hier der Witterungsverhältnisse wegen die Bohnen und Erbsen oft fehlschlagen. — Die *vierte* Tafel enthält den dreijährigen Schlag mit gedüngter Brache. In theoretischer Beziehung bietet diese Culturmethode, wie man sieht, ein unvortheilhaftes Resultat. Die organische Materie der Ernten übertrifft die des Düngers nur um ein Geringes. Selbst wenn man annimmt, dass sich alles Stroh in Dünger verwandelte, wird man sich doch in die Nothwendigkeit versetzt sehen, wie es auch wirklich der Fall ist, Dünger von ausserhalb zu beziehen, um die durch die Ausfuhr von Weizen veranlasste Erschöpfung wieder auszugleichen. Man sieht leicht ein, weshalb daher bei der Dreifelderwirthschaft immer ein grosser Theil des Gutes aus Wiesen bestehen muss. — In der *fünften* Tafel gebe ich das Resultat des fortgesetzten Anbaues von Topinambour. Zu Bechelbronn düngt man das mit Topinambour bestellte Hectare alle zwei Jahre mit 45450 Kilogr. Mist. In den beiden Jahren gewinnt man durchschnittlich 52800 Kilogr. Knollen und 28200 Kilogrm. holzige Stengel. Man kann sehen, indem man die Zahlen dieser Tabelle prüft, dass die Cultur des Topinambours, theoretisch genommen, beträchtliche Vortheile darbietet; die organische Materie der Ernte übertrifft die des Düngers um Vieles. Uebrigens wird hier diese, im Elsass schon sehr ausgebreitete Cultur als eine der einträglichsten betrachtet, welche man annehmen kann; gleichwohl muss man bei dem theoretischen Ergebnisse die organische Materie der Stengel in Rechnung und sogar in Abzug bringen, da sie in der Landwirthschaft fast gar keine Anwendung finden. — In der *sechsten* Tafel habe ich die relativen Angaben aus einem von Crud angenommenen vierfeldrigen Schlage zusammengestellt, in welchem nach einander geerntet werden: 1) Kartoffeln oder Runkelrüben, 2) Weizen, 3) rother Klee, 4) Weizen. Der erste Schlag wird mit 44000 Kilogrm. halbverwesten Stallmistes verbessert. Bei diesem Dünger, sowie auch bei den Erträgen des Umlaufs, habe ich die Zusammensetzung angenommen, welche die Analyse für den Dünger und die Ernten des Elsass nachweist. Der Gewinn an organischer Materie, welche in diesem Schlage erhalten wurde, ist grösser als bei den früheren Umläufen; aber da die Kleeernten, wenn sie alle 4 Jahre wiederkehren, nicht mehr ganz sicher sind, so lässt Crud, aus Gründen, welche von der Kritik vielleicht nicht in Schutz genommen werden, diesem Umlaufe Luzerne folgen, die er anfänglich noch einmal schwach düngte. Es ist gewiss, dass Luzerne dem Gute eine ansehnliche Menge Futter einbringt und auf diese Weise die Fruchtbarkeit der Ländereien ausserordentlich steigert, wenn dieses Nahrungsmittel auf dem Gute selbst verbraucht wird; aber ich gestehe, dass ich es nicht wohl begreife, weshalb man nicht den Klee wiederkehren lässt, wenn, wie Crud behauptet, Luzerne so gut einschlägt. Uebrigens ist man in der Dreifelderwirthschaft, wo man den Klee zu häufig wiederkehren lassen wollte, vielleicht in den entgegengesetzten Fehler gefallen, indem man ihn nur alle 5 oder 6 Jahre anbauen will. Sicher sind über diesen Gegenstand noch wichtige Erfahrungen zu machen übrig. Es ist nicht unmöglich, dass der schlechte Erfolg der Kleeschläge oft von den frühzeitigen Hieben abhängig ist, die man im ersten Jahre macht, wo dann die Wurzeln der Pflanze noch nicht die gehörige Stärke erlangt haben. Wir verzichten seit mehreren Jahren auf diesen ersten Hieb, und Alles scheint anzudeuten, dass alsdann das

Digitized by Google

nommen wird, so wagt derselbe Gelehrte hierüber kein Urtheil zu

---

Bestehen des Kleeschlags, welcher im zweiten Jahre geschaffen werden soll, weit mehr gesichert ist,“

I. *Fruchtfolge.*

Substanzen.	Ernten von 1 Hectare.	Trockne Ernten.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Salze und Erden.
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
1. Kartoffeln	12800	3085	1357,4	178,9	1379,0	46,3	123,4
2. Weizen	1343	1148	529,3	66,6	498,2	26,4	27,5
Weizenstroh	3052	2258	1093,0	119,7	878,2	9,0	158,1
3. Klee(alsHeu)	5100	4029	1909,7	201,5	1523,0	84,6	310,2
4. Weizen	1659	1418	653,8	82,2	615,4	32,6	34,0
Weizenstroh	3770	2790	1350,4	147,8	1085,3	11,2	195,3
Steckrüben	9550	716	307,2	39,3	302,9	12,2	54,4
5. Hafer	1344	1064	539,5	68,0	390,5	23,3	42,6
Haferstroh	1800	1283	642,8	69,3	500,4	5,1	65,4
Summe	40418	17791	8383,1	973,3	7172,9	250,7	1010,9
Angewendeter Dünger	49086	10161	3737,6	426,8	2621,5	203,2	3271,9
Differenz		+7630	+4745,5	+546,5	+5551,4	+47,5	−2261,0

II. *Fruchtfolge.*

1. Runkelrüben	26000	3172	1357,7	184,0	1376,7	53,9	199,8
2. Weizen	1185	1013	467,0	58,8	439,6	23,3	24,3
Weizenstroh	2693	1993	964,0	105,6	775,3	8,0	139,5
3. Klee (Heu)	5100	4029	1909,7	201,5	1523,0	84,6	310,2
4. Weizen	1659	1418	653,8	82,2	615,4	32,6	34,0
Weizenstroh	3770	2790	1350,4	147,8	1085,3	11,2	195,3
Steckrüben	9550	716	307,2	39,3	302,9	12,2	54,4
5. Hafer	1344	1064	539,5	68,0	390,5	23,3	42,6
Haferstroh	1800	1283	642,8	69,3	500,4	5,1	65,4
Summe	53101	17478	8192,7	956,5	7069,0	254,2	1065,5
Dünger	49086	10161	3637,6	426,8	2621,5	203,2	3271,9
Differenz		+7317	+4555,1	+529,7	+4387,5	+51,0	−2206,4

III. *Fruchtfolge.*

1. Kartoffeln	12800	3085	1357,4	178,9	1379,0	46,3	123,4
2. Weizen	1343	1148	529,3	66,6	498,2	26,4	27,5
Weizenstroh	3052	2258	1093,0	119,7	878,2	9,0	158,1
3. Klee (Heu)	5100	4029	1909,7	201,5	1523,0	84,6	310,2
4. Weizen	1659	1418	653,8	82,2	615,4	32,6	34,0
Weizenstroh	3770	2790	1350,4	147,8	1085,3	11,2	195,3
Steckrüben	9550	716	307,2	39,3	302,9	12,2	54,4
5. Erbsen (gedüngt)	1092	998	464,1	61,9	399,2	41,9	30,9
Erbsenstroh	2790	2461	1127,3	123,0	876,1	56,6	278,1
6. Roggen	1679	1394	644,0	78,1	616,1	23,7	32,1
Roggenstroh	3731	3033	1513,5	169,8	1231,4	9,1	109,2
Summe	46566	23330	10949,7	1268,8	9404,8	253,6	1353,2
Dünger	161766	12192	4364,2	512,2	3145,5	243,8	3925,8
Differenz		+11138	+6585,5	+756,6	+6259,3	+109,8	−2572,6

Digitized by Google

fällen, sondern bemerkt nur: „Der Stickstoff kann unmittelbar in die Pflanzen übergehen, wenn deren grüne Theile die Fähigkeit

IV. *Fruchtfolge.*

Substanzen.	Ernten von 1 Hectare.	Trockne Ernten.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Salze und Erden.
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
1. Gedüngte Brache	—	—	—	—	—	—	—
1. u. 2. Weiz.	3318	2836	1037,4	164,5	1230,5	65,2	68,1
Stroh	7500	5550	2686,2	294,2	2159,3	22,2	388,5
Summe	10818	8386	3993,6	458,7	3389,8	87,4	456,6
Dünger	20000	1440	1482,1	173,9	1068,1	82,8	1333,1
Differenz		+ 4246	+ 2511,5	+ 284,8	+ 2321,7	+ 4,6	— 876,5

V. *Topinambour-Cultur.*

1. u. 2. Topinambour	52880	11000	4763,0	638,0	4763,0	176,0	660,0
HolzigeStengel	28200	24542	11224,7	1326,3	11224,7	98,2	687,2
Summe	81080	35562	15987,7	1964,3	15987,7	274,2	1347,2
Dünger	45450	9408	3368,1	395,1	2427,3	188,2	3029,3
Differenz		+26154	+12619,6	+1569,2	+13560,4	+86,0	—1682,1

VI. *Fruchtfolge, nach Crud.*

1. Kartoffeln, ½ Hectare	10000	2410	1060,4	139,8	1077,3	36,1	96,4
Runkelrüb., ½ Hectare	20000	2440	1044,3	141,5	1059,0	41,5	153,7
2. u. 4. Weiz.	3634	3106	1431,8	180,2	1348,0	71,4	74,6
Weizenstroh	8000	5720	2768,6	303,2	2225,0	22,8	400,4
3. Klee, drei Hiebe	8000	6320	2995,7	316,0	2389,0	132,7	486,6
Summe	49634	19996	9300,8	1080,7	8098,3	304,5	1211,7
Dünger	44000	9108	3260,7	382,5	2349,9	182,1	2932,8
Differenz		+10888	+ 6040,1	+ 698,2	+5748,4	+122,4	—1721,1

Uebersicht aller Versuche.

Fruchtfolge.	Trockner Dünger auf 1 Hect. in 1 Jahr.	Stickstoff des Düngers.	Trockne Ernte in 1 Jahr auf 1 Hectare.	Stickstoff der Ernte.	Gewinn an organisch. Materie.	Gewinn an Stickstoff.
Nro.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
I.	2032	40,6	3558	50,1	1526	9,5
II.	2032	40,6	3495	50,8	1463	10,2
III.	2032	40,6	3888	58,9	1856	18,4
IV.	1360	25,8	2795	29,1	1415	1,5
V.	4704	94,1	17781	137,1	13077	43,0
VI.	2277	45,5	4999	76,1	2722	30,6.

Die Luzernefelder geben, wenn sie richtig angelegt sind, gleichfalls eine ausserordentliche Menge Futter, wovon man sich überzeugen kann, wenn man den Ertrag des Luzernefeldes untersucht, der bei der

Digitized by Google

besitzen, ihn zu fixiren; dieser Stoff kann auch durch das stets lufthaltige Wasser in die Pflanzen gelangen, das von ihren Wurzeln aufgesogen wird; endlich kann der Stickstoff seine Quelle in dem Ammoniak finden, das nach einigen Physikern in sehr geringen Mengen in der Atmosphäre vorhanden ist[22]).“ Boussingault schloss ferner aus den von ihm ausgeführten Untersuchungen, dass die Getreidepflanzen keinen oder doch nur wenig Stickstoff aus der Luft aufnehmen, dass sie nur eine der im Miste zugeführten gleiche Menge Stickstoff wieder in der Ernte zurückliefern; dasselbe gilt von den Kartoffeln und Rüben, und nur die Leguminosen besitzen, nach Boussingault, das Vermögen, Stickstoff in irgend einer Form als Nahrung aus der Luft aufzusaugen, den andern Culturpflanzen geht diese Fähigkeit ab; aus diesem Grunde schreibt derselbe Naturforscher dem stickstoffhaltigen Dünger eine so grosse Bedeutung, einen seinem Stickstoffgehalte proportionalen Handelswerth zu, eine Ansicht, gegen welche wir schon früher die Einwürfe namhafter Männer mitgetheilt haben; Liebig[23]) namentlich hält alle diese von Boussingault aus seinen Versuchen abgeleiteten Schlüsse für vollkommen falsch, denn es würde ja daraus gefolgert werden müssen, dass ohne Zufuhr von stickstoffhaltigem Dünger die Kali-, Kalk- und Kieselpflanzen, die nicht zur Familie der Leguminosen gehören, gar keinen Ertrag an Stickstoff geliefert haben würden, was in der That den vielfachen Culturen und Versuchen im Grossen wie im Kleinen widerspricht; nach Liebig ist es vielmehr vollkommen gewiss, dass der Ertrag unserer Felder nicht im Verhältniss zu der im Dünger zugeführten Stickstoffmenge

---

Folge nach Crud auf den vierfeldrigen Umlauf folgt; am Schlusse des Umlaufes giebt Crud dem Hectare 44000 Kilogr. Dünger und macht nun 6 Jahre hintereinander auf Kosten dieses Düngers die in der folgenden Tabelle eingetragenen Ernten (Crud, *Économie de l'Agriculture*, t. I. p. 253):

Cultur.	Ertrag von 1 Hectare.	Gehalt an Stickstoff.
	Kilogr.	Kilogr.
Trockne Luzerne, 1stes Jahr	3360	79
desgl. 2tes „	10080	237
desgl. 3tes „	12500	294
desgl. 4tes „	10080	237
desgl. 5tes „	8000	188
Weizen, 6tes Jahr	1580	31
Stroh	3976	12
		1078
Angewendeter Dünger	44000	224
Gewinn an Stickstoff		854
Gewinn in 1 Jahr von 1 Hect.		142.

[22]) Siehe oben: „*Quellen des Ammoniaks*,“ S. 103 u. ff. und „*Assimilation des Stickstoffs*,“ S. 276 u. ff.

[23]) Liebig: *Agriculturchemie*, 5te Aufl. S. 272.

Digitized by Google

steigt, dass unsere Felder durch die Ausfuhr stickstoffreicher Producte nicht erschöpfbar sind, eben weil es nicht der Boden, sondern die Atmosphäre ist, welche den Vegetabilien den Stickstoff liefert; dass wir durch Zufuhr stickstoffreicher Dünger, durch Ammoniaksalze allein, die Fruchtbarkeit der Felder, ihre Ertragsfähigkeit, nicht zu steigern vermögen, dass hingegen ihr Productionsvermögen in geradem Verhältnisse mit den im Dünger zugeführten mineralischen Nahrungsstoffen steigt oder abnimmt. Wo diese fixen Mineralstoffe fehlen, wird alle Zufuhr von Ammoniak unnütz sein, denn die Pflanze ist nicht in Folge der Aufnahme einer grösseren Quantität von Stickstoff allein im Stande, sich üppig zu entwickeln, die Organe des Gewächses bedürfen zu ihrer Ausbildung noch gewisser alkalischer oder erdiger Salze, und wenn wir bei den in dem vorigen Abschnitte mitgetheilten Versuchen Kuhlmann's und Schattenmann's über den Einfluss der Ammoniaksalze und der salpetersauren Salze auf die Vegetation einen günstigen Erfolg und eine durch diese Zufuhr vergrösserte Ernte eintreten sahen, so wird dieses nur in dem Maasse geschehen sein, als die Pflanzen zugleich mit dem Stickstoffe auch die zu ihrer Entwickelung unentbehrlichen anorganischen Stoffe in einem assimilirbaren Zustande im Boden vorfanden und aus demselben sich aneignen konnten [24]).

---

[24]) Liebig a. a. O. S. 275; ferner S. 277 u. 278: „Zur Vermeidung von jedem Missverständniss muss wiederholt darauf aufmerksam gemacht werden, dass die vorangegangene Auseinandersetzung in keiner Weise mit der Wirkung des künstlich zugeführten Ammoniaks oder der Ammoniaksalze in Widerspruch steht. Das Ammoniak ist und bleibt stets die Quelle alles Stickstoffs für die Pflanzen, seine Zufuhr ist nie nachtheilig, immer nützlich, für gewisse Zwecke durchaus unentbehrlich, allein es ist für die Agricultur von der grössten Wichtigkeit, mit Bestimmtheit zu wissen, dass die Zufuhr von Ammoniak für die meisten Culturgewächse unnöthig und überflüssig sei, dass der Werth eines Düngers, wie in Frankreich und Deutschland als festgesetzte Regel gilt, nicht beurtheilt werden darf nach seinem Stickstoffgehalt, dass er diesem Stickstoffgehalt nicht proportional ist. — Durch die genaue Bestimmung der Aschenmenge der Culturpflanzen, die sich auf dem verschiedensten Boden entwickelt haben, sowie durch ihre Analyse, werden wir erfahren, welche Bestandtheile in der nämlichen Pflanze wechseln und welche constant sind. Wir werden zu einer genauen Kenntniss der Summe aller Bestandtheile gelangen, die wir in verschiedenen Ernten dem Boden entnehmen. Der Landwirth wird damit in Stand gesetzt sein, ähnlich wie in einer wohleingerichteten Manufactur, ein Buch zu führen über einen jeden seiner Aecker, mit Genauigkeit voraus zu bestimmen, welche Stoffe und in welcher Menge er sie hinzuführen muss, um den Acker, je nach der Menge der geernteten Frucht, in seinen ursprünglichen Zustand der Fruchtbarkeit zurückzuversetzen; er wird genau in Pfunden auszudrücken wissen, wie viel er von dem einen oder andern Bodenbestandtheil zu geben hat, um seine Fruchtbarkeit für gewisse Pflanzengattungen zu steigern. Diese Untersuchungen sind ein Bedürfniss unserer Zeit, wir werden durch den vereinigten Fleiss der Chemiker aller Länder in wenigen Jahren der Lösung dieser Aufgaben entgegensehen können und mit Hülfe erleuchteter Landwirthe zu

Digitized by Google

Auch Boussingault erkennt die Wichtigkeit der anorganischen Stoffe an als kräftiger Agentien für die freudige Entwickelung der Vegetation und hat deshalb eine grosse Anzahl von Analysen der Asche sowohl von den geernteten Früchten als auch des in Anwendung gekommenen Düngers ausgeführt [25]). Aus diesen

---

einem rationellen, in seinen Grundfesten unerschütterlichen System der Land- und Feldwirthschaft für alle Länder und alle Bodenarten gelangen."

[25]) Es ist schon früher in dem Abschnitte, wo von der „*Ernährung der Pflanzen*" im Allgemeinen und von der „*Assimilation der anorganischen Bestandtheile*" (S. 307 u. ff.) insbesondere die Rede war, der von Boussingault ausgeführten Analysen der Pflanzenaschen verschiedener Früchte und Pflanzen Erwähnung geschehen; wenn man nun mit Boussingault *(Landwirthsch.* Th. II. S. 220 u. ff.) diese analytischen Resultate auf die von einem Hectare geernteten Producte (siehe oben) anwendet, so hat man für jede in der Fruchtfolge enthaltene Cultur die Menge der dem Boden entzogenen anorganischen Bestandtheile.

Art der Ernte.		Kartoffeln	Runkelrüben	Steckrüb., nachgeerntet	Topinambour	Weizen	Weizenstroh	Hafer	Haferstroh	Klee	Erbsen, gedüngt	Schminkbohnen	Bohnen
Trockne Ernte.		Kil. 3085	3172	716	5500	1148	2790	1064	1283	4029	998	1580	2121
Asche in 100 Theilen der Ernte.		Proc. 4,0	6,3	7,6	6,0	2,4	7,0	4,0	5,1	7,7	3,1	3,5	3,0
Menge der Asche von 1 Hectare.		Kil. 123,4	199,8	54,4	330,0	27,5	195,3	42,6	65,4	310,2	30,9	55,3	63,6
Säuren	Pho-ph.-Säure.	Kil. 13,9	12,0	3,3	33,6	12,9	6,0	6,4	1,9	19,5	9,3	14,8	21,8
	Schwef.-Säure.	Kil. 3,5	3,2	5,9	7,3	0,3	2,0	0,4	2,7	7,7	1,5	0,7	1,0
Chlor.		Kil. 3,3	10,4	1,6	5,3	0,0	1,2	0,2	3,1	8,1	0,3	0,1	0,5
Kalk.		Kil. 2,2	14,0	5,9	7,6	0,3	16,6	1,6	5,4	76,3	3,1	3,2	3,2
Talkerde.		Kil. 6,7	8,8	2,3	5,9	4,4	9,8	3,3	1,8	19,5	3,7	6,4	5,5
Kali und Natron.		Kil. 63,5	80,8	20,6	146,8	8,1	18,6	5,5	18,9	84,1	11,7	27,1	28,7
Kieselerde.		Kil. 6,9	16,0	3,5	42,9	0,4	132,0	22,7	26,2	16,4	0,5	0,6	0,3
Eisenoxyd, Thonerde etc.		Kil. 18,8	5,0	0,7	17,2	—	2,0	0,6	1,4	0,9	Spuren	desgl.	desgl.

Analysen ergiebt sich, dass der Boden (zu Bechelbronn) durch den Dünger und die Verbesserungsmittel, die er empfängt, mit allen Mineralsubstanzen, welche die Ernten irgend nur bedürfen, überreichlich versehen wurde; man wird finden, dass die Menge von Phosphorsäure, Schwefelsäure, Chlor, Kieselerde, alkalischen und erdigen Basen, die die Analyse in den geernteten Producten angiebt, stets geringer ist als die derselben Körper, welche bei Eröffnung des Umlaufes dem Boden zugeführt wurden, und sich also in der

---

„Das Gut zu Bechelbronn ist eine gewöhnliche Anlage; die Ländereien, in Folge rationeller Bewirthschaftung in einen sehr befriedigenden Zustand der Fruchtbarkeit versetzt, sind von Natur nicht ergiebig, und ihre Güte würde schnell abnehmen, wenn man ihnen nicht zu gehöriger Zeit diejenige Menge Dünger gäbe, an welche ihre Fruchtbarkeit geknüpft ist. — Um die Zusammensetzung der mineralischen Bestandtheile des Stallmistes hinreichend genau kennen zu lernen, habe ich zu verschiedenen Jahreszeiten sehr beträchtliche Mengen Mist verbrannt. Die hierdurch erhaltenen Aschen wurden innig mit einander gemengt und mit diesem Gemenge die Analysen gemacht, nachdem zuvor die Einäscherung in einem Platintiegel beendet worden war. Dem Lande wird ausser dem Stallmiste noch eine grosse Menge Torfasche und Gips gegeben. Die Zusammensetzung der Asche war:

	Des Stallmistes.	Des Torfes.
Kohlensäure	2,0	„
Phosphorsäure . . .	3,0	„
Schwefelsäure . . .	1,9	5,4
Chlor	0,6	0,3
Kieselerde	„	65,5
Kieselerde, Sand, Thon	66,4	„
Kalkerde	8,6	6,0
Talkerde	3,6	0,6
Eisenoxyd	6,1	3,7
Thonerde		16,2
Kali und Natron . . .	7,8	2,3
	100,0	100,0.

Bei der zu Bechelbronn angenommenen Eintheilung enthält der auf 1 Hectare gebrachte Stallmist 3272 Kilogr. Asche. Auf den Kleeschlag des 1sten Jahres streuen wir 5 Cubikmeter Torfasche und ebenso viel beim Beginn des Frühjahrs auf den Schlag des zweiten Jahres, zusammen also 10 Cubikmeter, die 5000 Kilogr. wiegen. Die 1000 Kilogr. Gips, welche der Klee im zweiten Jahre erhält, bringe ich nicht in Rechnung, weil ich diesen Zusatz bei der Menge von Torfasche, welche wir anwenden, für vollkommen überflüssig halte. Die Gesammtmenge der auf das Hectare während 5 Jahren zugeführten Mineralsubstanzen beträgt:

	Gesammtgewicht d. mineral. Materien.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Chlor.	Kalk.	Talkerde.	Kali und Natron.	Kieselerde und Sand.	Eisenoxyd etc.
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
Durch den Mist	3272	98	62	20	281	118	255	2233	200
Durch d. Torfasche	5000	—	270	15	300	30	115	3275	185
Summe	8272	98	332	35	581	148	370	5508	385.

Digitized by Google

Ackererde vorfinden [26]). Da nun aber mit der Ausfuhr von Getreide und von Fleisch eine bedeutende Menge anorganischer Substanzen dem Gute entzogen werden, deren Minimum für 1 Hectare, in einem fünfjährigen Umlaufe, Boussingault auf 30 Kilogr. Phosphorsäure und 40 bis 50 Kilogr. Alkalien anschlägt, so muss offenbar, wenn nicht diese Stoffe von Aussen wieder zugeführt werden, in den zum Gute gehörigen Ländereien eine Quelle vorhanden sein, aus welcher diese dem Acker verloren gegangenen Stoffe wieder ergänzt werden können; und diese Quelle findet man in den Wiesen, die ohne Dünger jährlich eine bedeutende Menge Heu liefern, dessen Asche viel Phosphorsäure und Alkalien enthält [27]), Sub-

---

[26]) Boussingault a. a. O. S. 225. Die Vergleichung der so eben angegebenen Aschenbestandtheile der auf 1 Hectare geernteten Producte mit denen des derselben Fläche zugeführten Düngers lässt sogleich die Zahlenverhältnisse des Ueberschusses der in dem letztern enthaltenen mineralischen Stoffe über die der ersteren erkennen. — Für die Cultur des Topinambour wird 1 Hectare alle zwei Jahre mit 45450 Kilogr. Mist gedüngt, welcher 3029 Kilogr. mineralischer Substanzen enthält; zum Ueberfluss bringt man noch in jedem Jahre während des Winters 2500 Kilogr. Torfasche auf. In den meisten Fällen werden die holzigen Stengel des Topinambour auf dem Lande verbrannt, so dass die Asche, die sie zurücklassen, dem Boden unmittelbar wieder gegeben wird.

Substanzen.	Mineralische Substanzen in der Ernte.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Chlor.	Kalk.	Talkerde.	Kali und Natron.	Kieselerde.
Fruchtfolge I.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
1. Kartoffeln	123,4	13,9	8,8	3,3	2,2	6,7	63,5	6,9
2. u. 4. Weizen	55,0	25,8	0,6	—	1,6	8,8	16,2	0,8
Weizenstroh	390,6	12,0	4,0	2,4	33,2	19,6	37,2	264,0
3. Klee	310,2	19,5	7,7	8,1	76,3	19,5	84,1	16,4
5. Hafer	42,6	6,4	0,4	0,2	1,6	3,3	5,5	22,7
Haferstroh	65,4	1,9	2,7	3,0	5,4	1,8	18,9	26,2
Steckrüben	54,4	3,3	5,9	1,6	5,9	2,3	20,6	3,5
	1010,9	82,8	30,1	18,6	126,2	62,0	246,0	340,5
Düngerasche	8272,0	98,0	332,0	35,0	581,0	148,0	370,0	5508,0
Differenz		15,2	301,9	16,4	454,8	86,0	124,0	5167,5
Topinambour.								
1. u. 2. Jahr: Knollen	660,0	71,2	14,6	10,6	15,2	11,8	293,6	85,8
Düngerasche	3029,0	91,0	57,6	18,2	260,5	109,0	236,3	2011,0
Torfasche	5000,0	—	270,0	15,0	300,0	30,0	115,0	3275,0
Summe d. Asche		91,0	327,6	33,2	560,5	139,0	351,3	5286,0
Differenz		19,8	313,0	22,6	545,3	127,2	57,5	5200,2

[27]) Boussingault (a. a. O. S. 227 u. ff.) hat die Asche des Heu's von seinen Wiesen zu Durrenbach, die von der Sauer bewässert werden, untersucht (die Ernten von 1841 und 1842) und folgende Resultate gefunden (I. gab 6,0, II. 6,2 Proc. Asche; der jährliche mittlere Ertrag eines Hectare dieser Wiesen an Heu und Grummet ist zu 1000 Kilogr. angenommen):

Digitized by Google

stanzen, welche die Pflanzen dem Wasser, womit die Wiesen befruchtet wurden, entzogen haben, und die also zum grossen Theil

	I.	II.	Durchschnitt.	Jährl. Ertrag in Kilogr.
Kohlensäure .	9,0	5,5	7,3	17,8
Phosphorsäure	5,3	5,3	5,3	13,2
Schwefelsäure	2.4	2,9	2,7	6,6
Chlor . . .	2,3	2,8	2,6	6,3
Kalk	20,4	15,4	17,9	43,7
Talkerde . .	6,0	8,3	7,2	17,6
Kali	16,1	27,3	21,7	57,3
Natron . . .	1,2	2,3	1,8	
Kieselerde . .	33,7	29,2	31,5	76,9
Eisenoxyd etc.	1,5	0,6	1,0	4,6
Verlust . . .	2,1	0,4	1,0	
	100,0	100,0	100,0	244,0 Kilogr.

„Wenn man, wie ich es gethan habe, die geringste jährliche Ausfuhr an Mineralsubstanzen von 1 Hectare Ackerland auf 6 Kilogr. Phosphorsäure und 9 Kilogr. Alkalien (Kali und Natron) anschlägt, so sieht man, dass man, um diese Verluste auszugleichen, dem Gute in jedem Jahre eine entsprechende Menge Heu (für jedes Hectare angebauten Landes ungefähr 1970 Kilogr.) zuführen müsste; wonach sich das Verhältniss des Ackerlandes zu den Wiesen etwas geringer wie 1 : ½ herausstellen würde. Bei dem Betriebe ist das angenommene Verhältniss merklich geringer als das von der Analyse angegebene, und man sieht Güter, wo die Wiesen nur den 4ten oder 5ten Theil der Gesammtfläche ausmachen. Wenn der Weizen durch Roggen ersetzt wird, so kann die Wiesenfläche noch mehr beschränkt werden. Uebrigens habe ich angenommen, dass das Ackerland keinen anderen geeigneten unorganischen Bestandtheil enthalte und ihm Alles durch den Dünger und die Verbesserungsmittel zugeführt werde, ein Verhältniss, welches in der Wirklichkeit nicht stattfindet. Es giebt Grundstücke, welche Spuren von phosphorsauren Salzen enthalten, und selten trifft man Thon- oder Kalkmergel, welcher ganz frei von Kali wäre. Nichtsdestoweniger gewinnen aufgeklärte Landwirthe allmählig die Ueberzeugung, dass man dem Ackerlande die Wiese zu sehr opfert. — Ich könnte im besten Zustande befindliche Güter anführen, deren Grundstücke zur Hälfte aus Wiesen bestehen; auch wird das stets wachsende Verlangen nach Fleisch ein solches gegenseitiges Verhältniss zum grössten Nutzen der Bodenverbesserung begünstigen. In Folge der ganz eigenthümlichen Lage, in welcher wir zu Bechelbronn uns befinden (von jeglicher Zufuhr organischen Düngers abgeschnitten), wo fast die Hälfte der Ländereien aus Wiesen besteht, sind wir im Stande, grosse Mengen der Erträge des Ackerlandes auszuführen. Wenn ich bei einer Bestimmung der von den Wiesen jährlich meinen Landen zugeführten mineralischen Bestandtheile die Resultate der früheren Analysen anwende, so finde ich, vorausgesetzt, dass kein anderweitiger Verlust stattgefunden hat, dass hierdurch dem Gute wenigstens zugeführt worden sind:

570	Kilogr.	Phosphorsäure,
285	„	Schwefelsäure,
274	„	Chlor,
1889	„	Kalkerde,
760	„	Talkerde,
2480	„	Kali und Natron,
3324	„	Kieselerde
9582	Kilogr.	

Digitized by Google

in den als Dünger gesammelten Excrementen des mit dem Heu gefütterten Viehes sich wieder vorfinden und auf diese Art dazu dienen müssen, um die ursprüngliche Fruchtbarkeit der Getreidefelder wieder herzustellen oder selbst zu erhöhen.

Wir machen hier noch schliesslich auf eine umfassende Untersuchung Daubeny's aufmerksam, welche ebenfalls über die Vortheile des Fruchtwechsels und namentlich über die Quantität unorganischer Substanzen handelt, welche durch die Pflanzen dem Boden entzogen wird [28]). Daubeny glaubt aus diesen Versuchen schliessen zu können, dass es sehr wohl mit dem allgemeinen Charakter der Thatsachen und Beobachtungen übereinstimme, mit Boussingault anzunehmen, dass die Verminderung der Ernte ihren Grund hat sowohl in einem Mangel an organischer, zur Pflanzenernährung geeigneter Substanz, als auch in einem Mangel an unorganischen Bestandtheilen der Gewächse; jedoch nicht so, dass die organische Substanz, als solche, in die Zusammensetzung der Pflanze eingehe, sondern dass sie, wie eben Liebig behauptet, in Folge ihrer Zersetzung, jene mit einem reichlicheren Vorrathe von Kohlensäure und Ammoniak versorgt, welcher Vorrath die Entwickelung der Pflanzentheile beschleunigt und auf diese Art zugleich die Pflanze befähigt, mehr unorganische Materie dem Boden zu entziehen, und denselben in den Stand setzt, sie reichlicher mit den Bestandtheilen, die sie nöthig hat, zu versehen. Daubeny macht ferner darauf aufmerksam, dass man vorsichtig sein müsse bei der Annahme der Folgerungen, welche Einige aus gewissen kürzlich veröffent-

---

Diese beträchtliche Menge von Mineralsubstanzen wird von Wiesen geliefert, welche keinen andern Dünger empfangen haben, als Wasser und den Schlamm, den dieses absetzt, nachdem es über Vogesensandstein geflossen ist; niemals erhielten sie Mist vom Gute, und man beschränkte sich darauf, sie mit dem durch die Flüsse fortgeführten Gries und Schlamm zu erden. Dies sind wahre Quellen für die salzigen Bestandtheile. Diejenigen Wiesen, welchen fliessendes Wasser fehlt, dürfen nicht in dieselbe Classe gestellt werden; sie geben nur die Stoffe ab, welche sich in dem Boden vorfinden; auch ist man fast immer genöthigt, sie alle 3 oder 4 Jahre zu düngen, und zuletzt ist ihre Cultur, wenn sie nicht auf einem von Natur sehr reichen Boden angelegt sind, nach meinen Erfahrungen wenigstens, sehr wenig lohnend."

[28]) Charles Daubeny: *Ueber den Fruchtwechsel und die Quantität unorganischer Substanzen, welche durch verschiedene Pflanzen unter verschiedenen Umständen dem Boden entzogen wird.* (Kurzer Auszug aus d. Philos. Transact. 1845. Part. II. p. 179—252.) J. f. pr. Ch. XXXIX. 65. Die Oberflächen-Ausdehnung des Landes, welches zur Ausführung der Versuche diente, war bekannt und wurde bei der Berechnung immer auf 100 Quadratfuss reducirt. Es wurde die in jedem Jahre gewonnene Ernte genau bestimmt, sowohl von den Pflanzen, welche fortwährend auf einem und demselben Boden *(permanente* Ernte) wuchsen, als auch von denen, die in verschiedenen Jahren an verschiedenen Stellen des Grundstückes gebaut wurden *(wechselnde* Ernte). Als Beispiel werden wir in dem Folgenden die Kartoffelernten angeben, die man während der Jahre 1836 bis 1844 erhielt. Der Boden war seit 1833 nicht gedüngt worden.

Digitized by Google

lichten Untersuchungen abgeleitet hätten hinsichtlich der Kraft, welche die Pflanze besitzt, in den Processen der Vegetation ein

Jahr.	Permanente Ernte. Vor dem Wägen nicht getrocknet, sondern nur von Erde gereinigt.	Wechselnde Ernte.
	Nach einer Ernte von Turnips:	Nach einer Ernte von *Papaver somniferum*:
1836	Knollen 89,5	Knollen 84,00
		Nach einer Ernte von *Cannabis sativa*:
1837	Knollen 59,5	Knollen 108,0
		Nach einer Ernte von *Cannabis sativa*:
1838	Knollen 68,0	Knollen 68,5
		Nach *Polygonum fagopyrum*:
1839	Knollen 59,0	Knollen 132,0
		Nach *Linum usitatissimum*:
1840	Knollen 88,5	Knollen 72
		Nach *Linum usitatissimum*:
1841	Knollen 64	Knollen 81,5
		Nach *Vicia Faba*:
1842	Knollen 82,6	Knollen 110
		Nach *Vicia sativa*:
1843	Knollen 48,6	Knollen 48,4
		Nach *Hordeum sativum*:
1844	Knollen 61,0	Knollen 98,0
	Mittel aus 9 Jahren:	Mittel aus 9 Jahren:
	Knollen 68,9	Knollen 89,1
	Mittel d. ersten 5 Jahre:	Mittel der ersten 5 Jahre:
	Knollen 72,9	Kollen 92,8.

Es ist bemerkenswerth, dass das Mittel der wechselnden Kartoffelernten sehr nahe der Menge entspricht, welche im Jahre 1844 von einem gleich grossen Platze erhalten wurde, der dem Versuchsfelde sehr nahe lag und vor Kurzem gedüngt worden war, indem hier die Ernte 96,0 Lbs. ergab, während das Mittel von 9 Jahren gleich 89,1 Lbs. war, und da ausserdem die Ernte des letzten Jahres, in welchem dieselbe auf Gerste folgte, nicht weniger als 98 Lbs. betrug, so beweist dies offenbar, dass nach einer so langen Periode des Erntens noch eine hinlängliche Quantität solcher Bestandtheile in dem Boden vorhanden waren, welche für die lebhafte Entwickelung der Pflanze nöthig sind. — Die Untersuchung einiger Kartoffelproben von der Ernte des Jahres 1844 zeigte, dass die wechselnde Frucht mehr Stärke und mehr Holzfaser und andere organische, diesem Gewächse eigenthümliche Substanzen enthielt, als dies bei den permanenten Ernten der Fall war, und dass von den letztern die Frucht, welche nur 5 auf einander folgende Jahre in demselben Boden gewachsen war, in ihrer Zusammensetzung sich mehr der wechselnden ähnlich zeigte, als wenn sie 10 Jahre lang von demselben Platze geerntet worden war. Der Wassergehalt war in beiden Fällen nicht sehr verschieden, aber hinsichtlich der unorganischen Substanzen zeigte sich ein Unterschied. Es enthielt nämlich die wechselnde Frucht in einer bestimmten Quantität von Knollen die geringste und die permanente die grösste Aschenmenge, als wenn der Mangel an organischer Substanz die Aufnahme einer grösseren Menge von unorganischen Körpern veranlasst hätte. Bei der Untersuchung einer Kartoffel aus einem Garten in der Nähe von Oxford, dessen Boden dem des Versuchsfeldes ähnlich war, fand sich die Menge der Stärke sehr nahe übereinstimmend mit der in der wechselnden

Digitized by Google

Alkali oder eine Erde für eine andere zu substituiren. Wenn auch eine solche Substitution in vielen Fällen ausser Zweifel gesetzt zu sein scheint, so haben wir bis jetzt doch keine hinreichende Data, um bestimmen zu können, bis zu welcher Ausdehnung die

---

Frucht enthaltenen, aber eine grössere Menge von Wasser; die Analysen ergaben nämlich:

	Stärke.	Holzfaser.	Uebrige feste Subst.	Wasser.
Gute mehlige Kartoffel aus einem Garten bei Oxford	Proc. 13,00	5,90	5,6	75,5
Wechselnde Frucht von dem Versuchsfelde	13,67	9,76	5,7	71,9
Permanente Frucht, nach 5 Jahren	10,54	11,32	4,5	73,7
„ nach 9 Jahren	9,11	9,76	8,8	72,4.

Mit Uebergehung der speciellen Zahlenverhältnisse, wie sie sich bei den mit 18 verschiedenen Culturpflanzen angestellten Versuchen ergeben haben, bemerken wir, dass nur 4 Fälle vorgekommen sind, in welchen die mittlere Grösse der permanenten Ernte gleich oder höher ist, als die der wechselnden Frucht. In dem ersten dieser Fälle, bei dem *Tabak*, kann man dies Verhalten dem Umstande zuschreiben, dass die Beschaffenheit des Bodens in dem Jahre der Einführung der permanenten Ernte günstiger als der wechselnden gewesen ist, indem die erstere von einem kurz vorher gedüngten Boden gewonnen wurde, die letztere von einem Boden, der bereits durch vorhergehende Ernten zum Theil erschöpft war. Ferner die *Runkelrübe* wurde kaum eine hinreichende Zeit hindurch beobachtet, um zu irgendwie sicheren Resultaten führen zu können. Die beiden andern, nämlich die *Endivie* und *Münze*, bieten so nahe übereinstimmende Resultate dar in der Grösse der permanenten und wechselnden Ernten, dass der geringe Unterschied wohl nur Nebenumständen zugeschrieben werden muss und man eine Uebereinstimmung in den erhaltenen Producten annehmen kann. — Wenn man von diesen 4 Fällen, welche Ausnahmen bilden, absieht, so scheint sich als allgemeines Resultat der Versuche zu ergeben, dass auf der Seite der wechselnden Ernten ein *offenbares* Uebergewicht Statt hat, welches zwischen 1 und 75 Proc. variirt, aber gewöhnlich der letztern Zahl sich sehr nähert. Jedoch folgt keineswegs, dass diese Differenz dem Einfluss von Excretionen der Wurzeln zuzuschreiben sei. Wäre dieses die Ursache, so müssten wir sowohl eine regelmässigere als auch schnellere Abnahme der permanenten Ernte wahrnehmen, als dies aus den Beobachtungen sich ergeben hat; wir würden dann z. B. nicht finden, dass die Kartoffelernte in dem 5ten Jahre dem Erzeugniss des ersten gleich sei, dass der Turnips, nachdem er bis auf 37,0 Lbs. gefallen war, in dem 6ten bis auf 128 Lbs. wieder steige, anderer Fälle von Oscillationen hier nicht zu gedenken. Wenn aber durch eine Frucht dem Boden nichts offenbar Schädliches mitgetheilt wird, so kann man die allmählige Verminderung der Ernte nur dem Mangel, entweder an organischen oder an unorganischen Substanzen, zuschreiben, welche zu deren Entwickelung unentbehrlich sind.

Daubeny berechnet ferner aus den Resultaten der von Way ausgeführten und theilweise schon oben bei der Zusammenstellung der Bestandtheile von Pflanzenaschen (S. 307—362) mitgetheilten Analysen und den Mengenverhältnissen der unter den verschiedenen Umständen gewonnenen Ernten, die Quantitäten an unorganischen Bestandtheilen, welche dadurch dem Boden entzogen worden sind. Die Gesammtmenge ist in der folgenden Tabelle angegeben:

Digitized by Google

Auswechselung eines gewöhnlichen Bestandtheils gegen einen andern stattfinden kann; ob wirklich dasselbe Organ, oder derselbe

Name der Frucht.		Anzahl der Culturjahre.	Gewicht d. ganzen permanenten (1) oder wechselnden (2) Ernte während aller Jahre.	Menge d. gesammten unorg. Subst., nach der des letzten Jahres berechnet.
			Lbs.	Lbs.
Gerste	1.	10	289,65	18,95
	2.	10	421	20,135
Kartoffel	1.	9	620,8	6,00
	2.	9	802	6,6
Turnips	1.	10	1008	2,62
	2.	10	1765	4,58
Hanf	1.	9	271,25	14,00
	2.	9	360	22,17
Flachs	1.	10	126	7,14
	2.	10	227	14,8
Bohnen	1.	10	247	9,7
	2.	10	336	16,85.

Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht über die numerischen Verhältnisse zwischen den permanenten und wechselnden Ernten, hinsichtlich der Totalmasse, der ganzen in derselben enthaltenen unorganischen Substanz und der in einer jeden enthaltenen Menge von Phosphorsäure und Alkalien.

	Totalmasse der Ernte.		Unorganische Substanz.		Phosphorsäure.		Alkalien.	
	Permanent.	Wechselnd.	Permanent.	Wechselnd.	Permanent.	Wechselnd.	Permanent.	Wechselnd.
Gerste	69,0	100,0	96,5	100,0	77,0	100,0	77,0	100,0
Kartoffel	77,5	100,0	91,0	100,0	75,0	100,0	85,0	100,0
Turnips	57,0	100,0	„	„	77,0	100,0	58,0	100,0
Hanf	75,0	100,0	63,5	100,0	46,8	100,0	55,0	100,0
Flachs	55,5	100,0	48,0	100,0	41,6	100,0	35,0	100,0
Bohnen	73,0	100,0	58,0	100,0	50,0	100,0	36,0	100,0.

Man sieht, dass die Resultate in den beiden ersten Beispielen zu Schlussfolgerungen zu führen scheinen, welche denen entgegengesetzt sind, die aus den drei letzten hervorgehen, um so mehr, da, während bei der Gerste und den Kartoffeln die Differenz zwischen der Menge der unorganischen Substanzen in den zwei Fällen weit geringer ist als die, welche zwischen der permanenten und der wechselnden Ernte Statt hat, bei dem Hanf, Flachs und den Bohnen das Verhalten umgekehrt ist. Wenn man die Phosphorsäure betrachtet, so findet man auch, dass sie bei der Gerste und dem Turnips in der permanenten Ernte in einem höheren Verhältniss zu den andern Bestandtheilen steht, als in der wechselnden Ernte, während sie bei dem Hanf, Flachs und den Bohnen in einer weit geringeren Menge zugegen ist. Eine ähnliche Bemerkung lässt sich auch hinsichtlich der Alkalien machen, so dass, wie es scheint, aus diesen Prämissen kein allgemeiner Schluss sich ableiten lässt. Es scheint jedoch, dass die Existenz einer grösseren relativen Menge an Phosphorsäure in den permanenten als in den wechselnden Ernten der Gerste und des Turnips mehr zu Gunsten einer gewissen

Digitized by Google

der Pflanze angehörende nähere Bestandtheil diese Veränderung ihrer Constitution zulassen kann; oder, wenn es der Fall ist, in welchem Grade die Gegenwart dieses neuen Princips auf die gesunde Entwickelung der Pflanze einen Einfluss ausüben kann. Wenn man auf die von Daubeny mitgetheilte Tabelle, welche die relativen Quantitäten der alkalischen Substanzen angiebt, die durch kohlensäurehaltiges Wasser aus den verschiedenen Bodenarten ausgezogen wurden, einen Blick wirft, so wird man sehen, dass in

---

Abhängigkeit der Erzeugung an organischer Substanz spricht, als es das entgegengesetzte Resultat in den drei andern Fällen für das Gegentheil thut. — Wenn die Verminderung der Ernten in diesen Beispielen von einem Mangel an gewissen unorganischen Substanzen herrührte, wie z. B. von den phosphorsauren Verbindungen oder den Alkalien, so hätte man auch erwarten müssen, eine entsprechende Reduction der letzteren in den Aschen einer Ernte zu finden, wobei eine Abnahme der Quantität sich zeigte, während auf der andern Seite, wenn man vermuthet, dass der Mangel an organischer Substanz die Entwickelung einzelner besonderer Theile, z. B. der Samen, behindert habe, dieses auf den Charakter der erhaltenen Asche müsste Einfluss gehabt haben, und also eine geringere Menge erhalten worden sein, ohne dass in dem Boden für die in demselben wachsenden Pflanzen irgend ein wirklicher Mangel stattfinde. — Diese Ansicht schien eine Untersuchung der unorganischen Bestandtheile des gewöhnlichen Klebers und der Stärke zu bestätigen. Der erstere (aus Weizen dargestellt) enthielt in 1000 Th. ungefähr 3 Th. unorganischer Substanzen, und die letzteren 33 Th. Phosphorsäure, verbunden mit Kalk und einer Spur von Magnesia, aber keinen kohlensauren Kalk. Die letztere (aus Kartoffeln dargestellt) enthielt ungefähr 0,343 Proc. unorganischer Substanzen, von welchen nur 4,77 Proc. Phosphorsäure waren, während 82,48 aus kohlensaurem Kalke bestanden. In dem Weizen also würde, wenn irgend ein Umstand die Bildung des Klebers hinderte, sich auch zugleich die Menge der in der Asche dieser Pflanze anwesenden Phosphorsäure vermindern, selbst wenn auch der Boden einen Ueberfluss an diesem Bestandtheile enthielte; und da die Bildung des Klebers durch die Gegenwart von Dünger, der reich ist an ammoniakalischen Salzen, befördert wird (vgl. Hermbstädt's *Versuche*, und Davy's *Vorlesungen über Agriculturchemie)*, so könnte es sich leicht ereignen, dass diese Substanz in geringer Quantität vorhanden wäre, wo ein solcher Dünger zu sparsam angewendet wird. Auf ähnliche Weise könnte man vermuthen, dass eine Schwankung in den Bestandtheilen der Gerste und anderer Früchte herrühren möchte nicht allein von einem grösseren oder geringeren Vorrathe an unorganischen Substanzen in dem Boden, wie dies Liebig uns so klar bewiesen hat, sondern gleichfalls von einer reichlicheren Anwendung der Zersetzungsproducte organischer Substanzen, welche die Entwickelung besonderer Organe, oder gewisser der nächsten Bestandtheile dieser letztern begünstigen.

Ueber die chemische Zusammensetzung des Bodens, in welchem die Ernten gewachsen waren, und über das Verhältniss seiner Bestandtheile, welche der Vegetation förderlich zu sein scheinen. Es wurden die folgenden Bodenarten untersucht: 1) Ein dem Versuchsfelde nahe gelegener, in seiner Beschaffenheit ihm sehr ähnlicher und vor Kurzem gedüngter Boden. 2) Erde des permanenten Gerstenbodens, nach Verlauf von 10 Jahren. 3) Boden, worauf 9 Jahre lang Kartoffeln cultivirt worden waren. 4) Permanenter Turnipsboden. 5) Ein Boden, welcher 10 verschiedene Ernten getragen hatte, ohne gedüngt zu sein.

Digitized by Google

den meisten Fällen die Menge des Natrons über die des Kali's vorherrscht, und dennoch wurde das letztere Alkali hauptsächlich in den Aschen der Pflanzen gefunden, welches mithin beweist, dass das Kali für die Entwickelung der Pflanzen von grösserer Bedeutung ist als das Natron. Ferner ist es bemerkenswerth, dass, während in einigen Bodenarten Natron im kohlensauren Zustande zu existiren scheint (da die Menge des Chlors so gering war, dass nur eine Spur desselben nachgewiesen werden konnte),

	1.	2.	3.	4.	5.
Steine und Kiesel .	315,000 —	267,000			
Grober Sand . . .	322,000 —	328,000			
Feiner Sand u. Thon	149,000 —	165,000			
Organische Substanz	37,600 —	30,400 —	21,400 —	44,8	— 31,000
Kieselerde, lösliche	34,400 —	44,000			
Kalk	50,500 —	58,000			
Eisenoxyd	35,500 —	41,800			
Thonerde, lösliche .	12,800 —	10,100			
Kohlensäure . . .	38,400 —	50,500			
Schwefelsäure . . .	0,660 —	0,665			
Chlor	Spur —	Spur			
Magnesia	0,167 —	0,344 —	0,332		
Kali	0,930 —	1,180 —	0,640 —	0,186	— 0,790
Natron	0,428 —	0,117 —	0,109 —	0,300	— 0,470
Phosphorsaurer Kalk	0,265 —	0,322 —	0,346 —	0,656	— 0,133
	997,650	997,428.			

Aus der Analyse Nr. 4 sehen wir, dass eine Reihe von 10 aufeinander folgenden Turnipsernten mehr organische Substanz in den Boden hineingebracht, als ihm entzogen haben. Vgl. Boussingault's *Landwirthschaft*, Cap. VII, *über die Wechselwirthschaft*. — Das Gewicht eines Cubikfusses von dem Boden des Versuchsfeldes wurde zu 82 Lbs. gefunden, woraus sich ergiebt, dass eine Fläche von 100 Quadratfuss und von einer Tiefe von 3 Fuss (welches weniger ist als die mittlere Tiefe des Bodens im Garten) 24,600 Lbs. enthalten würde, worin also der Gehalt an Phosphorsäure bis zu 3,5 Lbs. beträgt. Es ist nun berechnet worden, dass die Menge der Phosphorsäure, welche in 10 Jahren dem Boden entzogen wurde, nicht über 1,84 Lbs. beträgt, so dass der permanente Gerstenboden, welcher gegenwärtig 0,8 (nach Abzug der Steine und des groben Sandes) phosphorsauren Kalk oder 0,4 Phosphorsäure enthält, vor dem Versuche nicht mehr als 1,26 der phosphorsauren Verbindung oder 0,63 Phosphorsäure in 100 Gran wird enthalten haben. Hinsichtlich der Alkalien findet man nach einer ähnlichen Berechnung, dass der Boden des Gartens auf 100 Quadratfuss 6,9 Lbs. Kali und 2,9 Lbs. Natron enthält; und da jede permanente Gerstenernte dem Boden im Durchschnitt nicht mehr als 0,436 Kali und 0,064 Natron (oder 1,18 Chlornatrium) entzieht, so würde also an Kali ein hinlänglicher Vorrath für 15 Ernten und an Natron für 45 Ernten sein. Man kann also hier mit Recht vermuthen, dass die Verminderung der Ernte nicht einem Mangel, weder an Alkali noch an Phosphorsäure, in dem Boden wird zugeschrieben werden können. Wenn man jedoch die Menge der Bestandtheile untersucht, welche zu einer bestimmten Zeit in dem Zustande sich befinden, wie sie von den Spongiolen der Wurzeln aufgenommen werden können, so bemerkt man ein sehr verschiedenes Verhalten. Es wurden je 5 Lbs. gesiebter Erde genommen und mit einer bestimmten Quantität destillirten und mit Kohlensäure gesättigten Wassers ausgezogen, und die von diesem Wasser aufgelösten Substanzen der Analyse unterworfen.

Digitized by Google

in vielen Pflanzenaschen nur so viel Natron aufgefunden wurde, als hinreichte, um mit dem vorhandenen Chlor Chlornatrium zu bilden. Es scheint, nach Daubeny, hieraus zu folgen, dass das Kochsalz, welches auf das Ackerland einen wohlthätigen Einfluss

Boden, mit Wasser behandelt.	Menge des zugefügten Wassers.		Menge d. erhaltenen schwefels. Alkali's.	Natur des Alkali's.	Menge an schwefelsaurem Alkali auf 1 Quart Wasser.	Menge an schwefelsaurem Alkali auf 1 Pfd. des Bodens.	Menge an schwefelsaurem Alkali auf 100 □Fuss (24,600 Pfund) des Bodens.	Menge des aufgelösten erdigen Phosphats.		Menge des erdigen Phosphats auf 1 Quart Wasser.		Menge des erdigen Phosphats auf 1 Pfund des Bodens.	Menge des erdigen Phosphats auf 100 □Fuss des Bodens (24,600 Pfund).
	Quart		Gr.		Gr.	Gr.	Gr.	Gr.		Gr.		Gr.	Gr.
Von d. angränzenden Garten, 1ste Probe	2	2	5,2	Kali	2,6			0,7		0,35			
desgl. 2te Probe	2	2	7,8	„	3,9			0,7		0,35			
desgl. 3te Probe	1	1	3,4	„	1,7			0,05		0,05		0,29	7134
desgl. 4te Probe	1	1	2,6	„	1,3	3,4	83640						
Von dem permanenten Gerstenboden	2	2	0,6	Natron	1,30	0,12	2950	0,30	Kaum bestimmbar	0,15	Kaum bestimmbar	0,06	1470
desgl. Kartoffelboden	2	2	0,7	„	0,35	0,07	1700	0,25		0,125		0,05	1200
desgl. Hanfboden	2	2	0,6	„	0,30	0,12	2950	Kaum bestimmbar		0,15			1470
desgl. Flachsboden	2	2	0,5	„	0,25	0,10	2450	Kaum bestimmbar		0,15		0,06	2940
desgl. Turnipsboden	2	2	0,6	Meist Natron	0,30	0,12	2950	0,30		0,15		0,06	3180
desgl. Bohnenboden	2	2	0,5	Natron	0,25	0,10	2450	0,60		0,30		0,12	4940
Von dem wechselnden Gerstenboden	2	2	0,7	Meist Natron	0,37	0,07	1700	0,065		0,0325		0,013	3420
desgl. Kartoffelboden	2	2	1,0	„	0,50	0,20	4900	0,100		0,050		0,020	4900
desgl. Hanfboden	2	2	1,0	„	0,50	0,20	4900	Kaum bestimmbar		bestimmbar			
desgl. Flachsboden	2	2	0,3	„	0,15	0,06	1470	0,7		0,35		0,14	3420
desgl. Turnipsboden	2	2	3,6	Kali	1,8	0,72	17700	0,9		0,45		0,18	4410
desgl. Bohnenboden	2	2	1,0	Natron	0,50	0,20	4900	0,30		0,15		0,06	1470

Digitized by Google

ausübt, nicht durch das Alkali, welches es den Pflanzen darbietet, sondern auf andere Weise die Vegetation befördert, und dass es,

---

„Man sieht also, dass, während die ganze Menge des Phosphats auf 100 Quadratfuss des Gartenbodens 43911 Gran oder über 6 Lbs., und die des Alkali's (Kali und Natron zusammengenommen) 233,700 Gran oder über 33 Lbs. beträgt, aus derselben Quantität des Bodens durch Wasser nur 7134 Gran Phosphat und eine Quantität Alkali, welche hinreichend ist, um 83,640 Gran Sulphat zu bilden, ausgezogen werden kann. Es ergiebt sich ferner, dass in den Bodenarten, von welchen 10 Jahre lang entweder immer dieselbe oder nach einander verschiedene Ernten genommen worden sind, während der wirkliche Gehalt an Phosphat und Alkali ebenso gross war als in den übrigen Theilen des Gartens, die durch Wasser ausziehbaren Mengen gewöhnlich geringer waren; und obgleich man nicht annehmen kann, dass das, was durch zwei Quart Wasser ausgezogen würde, die ganze Menge der Substanzen ausmacht, welche zu dieser Zeit zur Entwickelung der Vegetation beitragen konnte, so scheint es doch wahrscheinlich, dass die Leichtigkeit, mit welcher die obigen Bestandtheile den Pflanzen dargeboten und von ihnen aufgenommen wurden, in einiger Beziehung stehen wird zu den Quantitäten, welche durch dieselbe Menge Wasser aus den verschiedenen Bodenarten aufgenommen wurden. Da also die Menge der Phosphate und Alkalien, welche von zwei Quart Wasser ausgezogen wurde, in diesen Fällen bedeutend geringer ausfällt als die Mengen dieser Substanzen, die zu einer mittleren Gerstenernte erforderlich sind, wenn diese Frucht 10 Jahre nach einander in demselben Boden gebaut worden ist, so kann man hieraus recht gut schliessen, dass die Abnahme der Ernte zum Theil von einem weniger zur Aufnahme günstigen Zustande herrühren mag, als dies in einem vor Kurzem aufgebrochenen oder neu gedüngten Boden der Fall gewesen sein würde, in welchem, wenn auch die absolute Menge der Nahrungsstoffe nicht sehr verschieden ist, das Verhältniss der in einem Zustande befindlichen Substanzen, in welchem sie direct von den Pflanzen aufgenommen werden können, weit grösser sein wird.“ Diese Hypothese scheint jedoch nur zum Theil eine Erklärung des vorliegenden Problems darzubieten; denn es finden sich in dieser Abhandlung wiederholt Beispiele aufgeführt von zwei Bodenarten, die in der Beschaffenheit ihrer Bestandtheile sowohl als in der Löslichkeit keine deutliche Verschiedenheit zeigen und auch in anderer Hinsicht sich gleich verhalten, aber nichtsdestoweniger in der Quantität und Qualität ihrer Erzeugnisse sehr wesentlich abweichen, je nachdem die Ernte eine permanente oder eine wechselnde war; so dass die Ernte in diesen Beispielen verschiedene Mengen von Phosphaten und Alkalien aus zwei Bodenarten gezogen hat, welche beide fähig waren, sie gleich leicht und in gleicher Menge mit diesen Substanzen zu versehen. Dieser Umstand könnte zu Gunsten der Ansicht zu sprechen scheinen, dass die Menge und Beschaffenheit der in dem Boden anwesenden organischen Substanz einigen Einfluss ausüben möchte auf die Entwickelung der Ernte.“

„Ueberhaupt muss man, wie es scheint, annehmen, auf der einen Seite, dass die Menge der unorganischen, in einen löslichen Zustand versetzten Substanz, unter sonst gleichen Umständen, im Verhältniss zu der Lebhaftigkeit, mit welcher die Vegetationsprocesse vorwärts schreiten, auch beträchtlicher sein werden, um so mehr, da die Operationen, welche durch die Vitalität der Pflanze bedingt sind, das Eindringen von Luft und Wasser in den Boden erleichtern, wodurch eine neue Portion der angeführten Substanzen in einen leichter löslichen Zustand gebracht werden möchte — indem nämlich die Erdklumpen durch die Fibern der Wurzeln, welche in sie hineindringen, zerkleinert werden

Digitized by Google

wenigstens bei den Landpflanzen, noch fraglich ist, ob die Pflanzen die Fähigkeit haben, das Chlornatrium zu zersetzen und dessen Chlor abzuscheiden [29]).

In dem Vorhergehenden wird man im Allgemeinen schon die Grundsätze ausgesprochen finden, nach welchen die Cultur der verschiedenen Pflanzen muss vorgenommen werden, durch deren Befolgung man den Boden vor einer Abnahme an Fruchtbarkeit, vor einer Erschöpfung seiner ihm inwohnenden Kraft bewahren kann. Die Analyse der Asche der Pflanzen und ihrer Bestandtheile giebt uns Aufschlüsse über die, für die Cultur bestimmter Pflanzen vortheilhafteste Zusammensetzung des Bodens; diesem müssen wir die Fähigkeit verschaffen, den auf ihm wachsenden Pflanzen alle Bestandtheile, welche diese zu ihrer üppigen Entwickelung aus demselben zu ziehen genöthigt sind, in reichlicher Fülle darbieten zu können. Eine chemische Untersuchung der nutzbaren Producte und der bei der Reinigung oder Zubereitung vorkommenden Abfälle wird uns stets die Ursache ergründen lassen, warum gewisse Pflanzen den Boden vorzugsweise aussaugen, und damit auch uns die Anleitung an die Hand geben, wie man diesen Verlust, welchen der Boden bei der Cultur dieser Pflanzen erleidet, oftmals mit geringer Mühe und unbedeutenden Kosten wieder zu ersetzen im Stande ist. Als Beispiel möge hier der vor Kurzem von Kane [30]) veröffentlichten Untersuchungen über die chemische Beschaffenheit der Flachs- und Hanfpflanze Erwähnung geschehen, aus welchen hervorgeht, dass diese Pflanzen vermöge der Quantität Stickstoff, Phosphorsäure, Kali, Bittererde und Kalk, welche sie der Erde entziehen, wie die Erfahrung lehrt, den Boden sehr ausziehen müssen; da jedoch die so ausgezogenen Stoffe nicht in der werthvollen

---

— indem ferner das kohlensäurehaltige, von den äussersten Enden der Wurzeln ausgeschwitzte Wasser seine lösende Kraft auf die in dem Boden enthaltenen Bestandtheile ausüben mag — und indem eine Aufnahme des sie umgebenden Wassers durch die Pflanzen selbst stattfindet, welches eine allgemeine Bewegung und Circulation in der in allen Theilen des benachbarten Bodens vorhandenen Feuchtigkeit verursachen würde. Auf der andern Seite möchte es scheinen, dass ein reichlicher Vorrath dieser nothwendigen Substanzen, welche für ihre Zwecke schon vorbereitet sind, gleichfalls die Entwickelung der Pflanzentheile unmittelbar begünstigen könnte, und also verursachen möchte, dass durch die kräftigere Wirkung, welche in den absondernden Organen selbst ausgeübt wird, eine grössere Menge solcher Substanzen der Erde entzogen würde. Diese Wirkungen sind so mit einander verbunden, dass es schwierig zu sagen ist, welche von ihnen als das erste Glied in der Reihe anzusehen ist."

[29]) Vgl. oben S. 437.

[30]) Rob. Kane: *Ueber die chemische Beschaffenheit der Flachs- und Hanfpflanze, mit Rücksicht auf die Bedingungen ihres Wachsthums und ihrer Zurichtung* (The Lond., Ed. and Dubl. ph. Mag. No. 157. Febr. 1844), Journ. f. pr. Ch. XXXII. 354—362. Die Analysen, welche Kane mit diesen Pflanzen anstellte, ergaben folgende Resultate:

Digitized by Google

Faser, sondern im übrigen Stengel, der Spreu und dem Röstwasser gefunden werden, so kann man durch die letzteren Substanzen dem

	Hanfblätter, b. 100° C. getr.	Hanfstengel, b. 100° C. getr.	Flachsstengel, b. 100° C. getr.
Kohlenstoff	40,50	39,94	38,72
Wasserstoff	5,98	5,06	7,33
Stickstoff	1,82	1,74	0,56
Sauerstoff	29,70	48,72	48,39
Asche	22,00	4,52	5,00.

	Asche der Hanfpflanze.	Asche der Flachspflanze.
Kali	7,48	9,78
Natron . . .	0,72	9,82
Kalk	42,05	12,33
Bittererde . .	4,88	7,79
Thonerde . .	0,37	6,08
Kieselerde . .	6,75	21,35
Phosphorsäure	3,22	10,84
Schwefelsäure	1,10	2,65
Chlor . . .	1,53	2,41
Kohlensäure .	31,90	16,95
	100,00	100,00.

Die charakteristischen Bestandtheile der Hanfpflanze sind, wie man sieht, Stickstoff und Kalk, die des Flachses Kali und Natron in gleicher Menge, Bittererde und besonders Phosphorsäure; aus der grossen Quantität der letztern ist wohl die ausserordentlich erschöpfende Kraft des Flachses zu erklären. Das bei 100° C. getrocknete Extract des Röstwassers bestand aus:

	Beim Hanfe, ohne Asche.		Beim Flachse, ohne Asche.	
Kohlenstoff	28,28	— 55,66	30,69	— 52,93
Wasserstoff	4,16	— 8,21	4,24	— 7,31
Stickstoff .	3,28	— 6,45	2,24	— 3,86
Sauerstoff .	15,08	— 29,68	20,82	— 35,90
Asche . .	49,20	— „	42,01	— „

Die Zusammensetzung des Hanfextractes nähert sich der stickstoffhaltiger thierischer Substanzen und übertrifft den gewöhnlichen käuflichen thierischen Dünger. Das Wasser, in welchem der Hanf geröstet wurde, enthält so den meisten Stickstoff der Pflanze und würde, über den Boden ausgegossen, demselben seine Fruchtbarkeit wiedererstatten. Beide Pflanzen geben beim Rösten hauptsächlich ihre löslichen Bestandtheile ab. Die Asche der Hanfblätter enthält in 22 nur 1,77 in Wasser lösliche Theile oder 8,05 Proc., während die Asche des Hanfextractes in 49,2, 29,70 in Wasser lösliche Theile oder 60,4 Proc. enthält; die Asche der Flachspflanze lieferte 33,90 Proc., die des Flachsröstextractes 60 Proc. in Wasser lösliche Stoffe. Kane untersuchte auch den Stengel, wie er nach Behandlung durch Rösten und Schälen, also nach der Entfernung der Faser, zurückbleibt:

	Hanfrückstand.	Flachsrückstand.
Kohlenstoff	56,80	50,34
Wasserstoff	6,48	7,33
Stickstoff .	0,43	0,24
Sauerstoff .	34,52	40,52
Asche . .	1,77	1,57.

Das Aussaugen des Bodens durch Flachs und Hanf, welches, trotz des hohen Geldwerthes dieser Stoffe, die Landwirthe zurückschreckt, findet also hauptsächlich seinen Grund in solchen Ursachen, welche durch Beobachtung der wahren Bedingungen des Gedeihens der Pflan-

Digitized by Google

Boden zurückgeben, was ihm entzogen wurde, und in der That würde, wenn der Process der Zubereitung der Faser ohne irgend einen Verlust ausgeführt werden könnte, derselbe Stickstoff und die unorganischen Bestandtheile, wie diese chemischen Untersuchungen zeigen, für eine Reihe auf einander folgender Ernten dienen können; die auf Kosten der Atmosphäre gebildete Faser allein wird verkauft und die Frucht wäre durch das angegebene Verfahren vollkommen von jeder den Boden ausziehenden Eigenschaft befreit.

Wenn wir, am Schlusse dieses Werkes angelangt, noch einmal die hier mitgetheilten zahlreichen Untersuchungen und Beobachtungen überblicken und aus denselben ein allgemeines Resultat hinsichtlich ihres Einflusses auf die wissenschaftliche Entwickelung der Pflanzenphysiologie und der rationellen Landwirthschaft aufzustellen versuchen, so wird man unbedingt zugestehen müssen, dass wir erst jetzt, in Folge dieser Bestrebungen der Chemiker und Physiker, ein klares Bild zu entwerfen im Stande sind von den atmosphärischen Einflüssen auf die Entstehung der Ackererde, deren Bildung aus den Mineralkörpern wie aus den Substanzen der organischen Welt, die in ihrer Vereinigung die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Ackerkrume bedingen; wir wissen jetzt, auf welchem Wege die Pflanze die Grundelemente des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Sauerstoffs und Stickstoffs in sich aufnimmt und zu den Bildungen ihres Organismus verwendet; wir sehen die Bedeutung ein und die Nothwendigkeit der Gegenwart anorganischer assimilirbarer Substanzen für die vollkommene Entwickelung und das üppige Gedeihen der Gewächse; mit wissenschaftlichem Geiste angestellte Versuche und sorgfältig ausgeführte chemische Analysen haben uns Aufklärung verschafft über mannigfaltige Erscheinungen, welche die Erfahrung in Landwirthschaft und Gärtnerei darbietet, über den Einfluss des Kalkes, Mergels, des Gipses und anderer mineralischer Düngmittel auf das Wachsthum und Gedeihen der Pflanzen im Allgemeinen und die Cultur einzelner Vegetabilien insbesondere, mit einem Worte, die angedeuteten Untersuchungen führen uns einer allgemein gültigen Theorie der Landwirthschaft rasch und sicher entgegen. Freilich herrschen über manche der wichtigsten Fragen hinsichtlich der Ernährung der Gewächse, wie über die Erklärungsweise der Ursache verschiedener, durch die Erfahrung festgestellter Erscheinungen und Thatsachen bei den Chemikern und Pflanzenphysiologen noch grosse Meinungsverschiedenheiten und selbst sich widersprechende Ansichten; dies darf uns jedoch keineswegs misstrauisch machen gegen die Bestrebungen der Gegenwart, mit allen ihr zu Gebote stehenden wissenschaftlichen Mitteln ein immer klareres Licht über Theorie und Praxis zu verbreiten;

---

zen und ihrer Zusammensetzung leicht vermieden werden können, so dass jene Faserernten, wie Flachs und Hanf, statt die aussaugendsten und kostspieligsten zu sein, die dem Lande am wenigsten nachtheiligen und mit die billigsten, welche gebaut werden können, sein würden.

Digitized by Google

es beweist dieses nur, was kein Vernünftiger und Sachverständiger in Abrede stellen wird, dass noch sehr Vieles zu erforschen übrig bleibt, dass die Versuche noch zahlreicher und mit grösserer Modification, mit mehr Sorgfalt und Umsicht zu wiederholen und zu erweitern sind, und dass in Folge dieser weiteren Forschungen manche der jetzt herrschenden Ansichten wird umgeändert, ja selbst umgestossen werden müssen; aber die wissenschaftlichen Grundlagen sind gegeben, auf welchen fortzubauen den Forschern in der Theorie und in der Praxis Pflicht, und wie in der That die neuere Zeit glänzend bewiesen hat, auch eifriges Bestreben ist. Wenn man bedenkt, dass bei weitem die meisten und wichtigsten Untersuchungen, deren Resultate in diesem Werke niedergelegt worden sind, ausschliesslich den letztverflossenen Jahren angehören, wenn wir ferner uns erinnern, dass kaum seit 20 Jahren die analytische und namentlich die organische Chemie auf eine Stufe der Vervollkommnung gelangt ist, die uns erst die Mittel an die Hand gegeben hat, um die für Pflanzenphysiologie und Landwirthschaft bedeutungsvollen Fragen zum Gegenstande umfassender und für die Lösung jener Fragen erfolgreicher Versuche und Beobachtungen zu machen, — so kann man nur bedauern, dass so viele Landwirthe, trotz der schon jetzt vorliegenden Leistungen, noch immer diesen Bestrebungen nicht allein keine Aufmerksamkeit zu widmen für nöthig erachten, sondern sogar offen ihr Misstrauen gegen dieselben aussprechen, indem sie behaupten, dass diese von den Chemikern ausgeführten Untersuchungen noch niemals der praktischen Landwirthschaft irgend einen Nutzen, ja eher sogar Nachtheil gebracht hätten, weil manche leichtgläubige Ackerbesitzer sich durch dieselben hätten verleiten lassen, von alten bewährten Methoden abzugehen und neue in Anwendung zu bringen, die den Boden offenbar verschlechtert und somit die Ernte vermindert hätten. Wir wollen und können keineswegs läugnen, dass solches der Fall gewesen sein mag; wie allen Wissenschaften, die auf Erfahrung und Beobachtung beruhen, so hat man auch in Betreff der hier in Rede stehenden oftmals als Wahrheit und feststehenden Grundsatz hingestellt, was auf ungenaue Versuche und auf falsche Voraussetzungen basirt war und sogar aus den Motiven der Gewinnsucht hervorging; jeder aufgeklärte Mann wird aber solche einzelne Fälle jenen edlen Bestrebungen der von Eifer für die Wissenschaft und das Gemeinwohl der Menschheit beseelten Kämpfer für Licht und Wahrheit nicht entgegen halten, er wird vielmehr mit uns freudig anerkennen, dass, wo immer die Praxis auf umfassende und tiefe wissenschaftliche Kenntnisse sich gründete, aus den letzteren auch für die erstere sehr bedeutende Vortheile sich ergaben, wenn auch manches Opfer zuerst gebracht werden musste, um zu einem klareren Verständnisse der Wege und Mittel zu gelangen, welche man einzuschlagen und anzuwenden hatte, um ein bestimmtes, durch die Wissenschaft uns vorgestecktes Ziel zu erreichen. Worin besteht das Streben nach einem gründlichen und umfassenden System

Digitized by Google

des Landbaues anders als in dem Bemühen, die im Einzelnen gemachten Beobachtungen und Erfahrungen unter allgemeinere Gesichtspunkte zu bringen und auf Grundprincipien zurückzuführen, zu deren Ergründung wir alle aus dem Leben wie aus der Wissenschaft uns zu Gebote stehenden Mittel sammeln und anwenden müssen; nur auf diesem Wege sind Thaer, Einhof, Burger, Crome und andere aufgeklärte Landwirthe im Stande gewesen, die praktische Landwirthschaft mit wesentlichen Verbesserungen und allgemeineren Regeln zu bereichern; und in neuerer Zeit haben namentlich Boussingault, Kuhlmann, Schattenmann und Andere, die, mit gründlichen Kenntnissen ausgerüstet, es unternahmen, umfangsreiche Ländereien nach wissenschaftlich-rationellen Grundsätzen zu bewirthschaften, — bewiesen, dass auf diesem Wege auch ein weit bedeutenderer materieller Gewinn zu erzielen sei, als man es gewöhnlich für möglich hält, ohne dass der Grund und Boden irgendwie in kürzerer oder längerer Zeit an Fruchtbarkeit verlöre.

Zu der Zeit, als Thaer, umgeben und unterstützt von tüchtigen Gelehrten und Oekonomen, für die Ausbildung und Verbesserung der Landwirthschaft thätig war, war die Erfahrung im Ganzen dem damaligen Standpunkte der Naturwissenschaften vorangeeilt, und aus diesen für die Praxis im Besonderen nur geringe Vortheile zu ziehen; dennoch wurde aber der Werth der naturwissenschaftlichen Bestrebungen anerkannt, und seitdem in dem Verlaufe der letzten Decennien unser Wissen über die Naturgesetze und vor allen Dingen unsere chemischen Kenntnisse so sehr an Umfang und Verbreitung gewonnen haben, wird es auch für den Landwirth, der seine Ländereien in den besten Zustand zu versetzen und den grösstmöglichen Ertrag von denselben zu ziehen wünscht, an der Zeit sein, sich die erforderlichen Kenntnisse hierzu aus der Wissenschaft anzueignen, um im Vereine mit tüchtigen Chemikern die Landwirthschaft auf einfachere Principien zu basiren und somit dieselbe in Praxis und Theorie einer immer grösseren Vervollkommnung entgegen zu führen. Denjenigen aber, welche noch immer Zweifel hegen gegen die Bedeutung der hier in Anwendung kommenden Zweige der Naturwissenschaft für den, einer noch weit höheren Stufe der Ausbildung fähigen Landbau, wollen wir die Auctorität unsers unsterblichen Thaer entgegen halten, der schon im Jahre 1809, also vor beinahe 40 Jahren, den Ausspruch that *(Rationelle Landwirthschaft,* I. §. 28): „Eine grosse Beihülfe zur Begründung unserer Wissenschaft, um uns aus dem Labyrinth der gehäuften, mehrentheils einseitigen Erfahrungen herauszuwickeln, einen Prüfstein, um ihren Gehalt und ihre Echtheit zu erforschen, giebt uns die in den letzteren Zeiten so hoch vervollkommnete Naturwissenschaft. Die Natur wirkt allenthalben nach gleichen und ewigen Gesetzen, und nur durch Benutzung der Naturkraft wirkt der Landwirth. Deshalb lassen sich aus physikalisch-chemischen Kenntnissen für den Ackerbau theils directe Regeln ableiten, theils

Digitized by Google

die Richtung bestimmen, die wir bei unseren Untersuchungen zu nehmen haben. — In den neuesten Zeiten ist vorzüglich die Chemie zur Bereicherung der Ackerkunde angewandt, und gross ist der Gewinn, den selbst die Praxis schon davon gehabt hat. Wir können jetzt manche Wahrheiten, die wir nach unseren Beobachtungen auf dem freien Felde und Wirthschaftshofe nur ahneten, evident erweisen und manche angenommene Vorurtheile widerlegen. Deshalb muss sich der wissenschaftliche Vortrag der Ackerbaulehre unerlässlich auf richtige physikalische und chemische Begriffe gründen, und wir müssen durch sie so tief wie möglich auf den Grund der Erscheinungen zu kommen suchen, weil wir nur dann mit Glück in unseren Untersuchungen arbeiten und um so zahlreichere und richtigere Folgen ziehen können, je tiefer wir zu den Gründen der Naturerscheinungen eindringen. Nur dürfen wir keine Stufe überspringen, sonst dringen wir nicht ein; wir stürzen in den Abgrund der Muthmaassungen und dunklen Begriffe, welche zwar die Phantasie beschäftigen können, den Verstand aber verwirren.“ — Und Burger (in der Vorrede zu seinem *Lehrbuche der Landwirthschaft)* sagt ausdrücklich: „Die widersprechenden Erfahrungen und entgegengesetzten Erscheinungen konnten erst dann vereinigt und in einen allgemeinen Gesichtspunkt der Betrachtung gebracht werden, als wir durch die Chemie und Physiologie hinlängliche Aufklärungen über die Natur der organischen Körper erhielten, und die Landwirthschaft fängt erst seit der Zeit an, eine wissenschaftliche Form zu erlangen, als sie diese Hülfswissenschaften mehr pflegt.“

Digitized by Google

Vergleichung von Längenmaassen in verschiedenen Ländern).*

Preussen. Fuss.	Sachsen, Altenburg. Fuss.	Baiern. Fuss.	Würtemberg. Fuss.	Hannover. Fuss.	Grossherzogthum Hessen. Fuss.	Kurhessen. Fuss.	Baden. Fuss.	Braunschweig. Fuss.	Oesterreich. Fuss.	Frankreich. Meter.
1	1,1103	1,0753	1,0943	1,0750	1,2555	1,0910	1,0460	1,1000	0,9928	0,3138
0,9006	1	0,9685	0,9844	0,9680	1,1306	0,9825	0,9421	0,9905	0,8945	0,2827
0,9299	1,0328	1	1,0188	0,9996	1,1674	1,0145	1,0186	1,0228	0,1623	1,2919
0,9128	1,0135	0,9816	1	0,9812	1,1460	0,9958	0,9549	1,0040	0,9063	0,2865
0,9303	1,0330	1,0004	1,0292	1	1,1680	1,0148	0,9732	1,0233	0,9237	0,2920
0,9766	0,8845	0,8566	0,8726	0,8562	1	0,8690	0,8333	0,8761	0,7909	0,2032
0,9166	1,0178	0,9857	1,0042	0,9853	1,1505	1	0,9722	1,0080	0,9101	0,2877
0,9560	1,0614	1,0280	1,0474	1,0275	1,1828	1,0430	1	1,0760	0,9491	0,3000
0,8885	0,9866	0,9555	0,9734	0,9551	1,1554	0,9694	0,9295	1	0,8822	0,2854
1,0072	1,1182	1,0832	1,1035	1,0825	1,2644	1,0988	1,0535	1,1335	1	0,3161
3,1867	3,5373	3,4258	3,4904	4,4246	4,9207	3,4793	3,3333	3,5603	0,1636	1

*) Diese und die folgenden Tabellen sind aus der Gräger'schen Uebersetzung von Boussingault's *Landwirthschaft* mit einigen Berichtigungen und Zusätzen entlehnt worden.

Digitized by Google

Vergleichung von Feldmaassen in verschiedenen Ländern.

Preussen. Morgen = 180 □Ruth.	Sachsen. Acker = 300 □Ruth.	Baiern. Tagewerk = 400 □Ruth	Würtemberg. Morgen = 380 □Ruth.	Hannover. Morgen = 120 □Ruth.	Grossherzogth Hess. Morgen = 400 □Ruthen.	Kurhessen. Morgen = 150 □Ruth.	Baden. Morg. *) = 400 □Ruth.	Altenburg. Acker = 200 □Ruth.**)	Braunschweig. Morgen = 120 □Ruth.	Oesterreich. Wien.Joch = 1600 □Klafter.	Frankreich. Hectare = 100 □Decam.	England. Acre = 160 □Ruth.
1	0,461	0,749	0,810	0,800	1,020	1,070	0,769	0,400	1,023	0,444	0,255	0,631
2,168	1	1,624	1,756	1,734	2,212	2,320	1,537	0,867	2,218	0,962	0,553	1,368
1,334	0,616	1	1,081	1,067	1,364	1,427	0,946	0,534	1,355	0,592	0,341	0,842
1,234	0,569	0,925	1	0,987	1,260	1,320	0,875	0,494	1,262	0,548	0,315	0,779
1,026	0,474	0,768	0,831	1	1,047	1,098	0,727	0,410	1,050	0,456	0,262	0,789
0,980	0,452	0,733	0,794	0,784	1	1,048	0,694	0,392	1,003	0,434	0,250	0,617
0,935	0,431	0,700	0,757	0,748	0,953	1	0,663	0,374	0,956	0,615	0,238	0,589
1,410	0,650	1,057	1,142	1,128	1,440	1,508	1	0,564	1,442	0,625	0,360	0,890
2,503	1,164	1,875	2,027	2,002	2,553	2,678	1,775	1	2,561	1,111	0,638	1,578
0,978	0,451	0,733	0,792	0,782	0,998	1,046	0,693	0,391	1	0,434	0,250	0,616
2,254	1,040	1,689	1,826	1,803	2,304	3,952	1,599	0,902	2,306	1	0,576	1,422
3,917	1,807	2,935	3,173	3,133	4	4,191	2,778	1,567	4,001	1,737	1	2,471
1,585	0,731	1,188	1,284	1,267	1,620	1,698	1,124	0,634	1,623	0,703	0,405	1

*) Der Baden'sche Morgen ist gleichbedeutend mit dem Schweizer Juchart.

**) Die Ruthe hat 10 Ellen.

Digitized by Google

Vergleichung von Gewichten in verschiedenen Ländern.

Preussen. Pfund.	Sachsen. Pfund.	Oesterreich u. Baiern. Pfund.	Braunschweig u. Würtemberg. Pfund.	Hannover. Pfund.	Baden u. Grossherzogth. Hess. Pfund.	Kurfürstenthum Hess. Pfund.	Altenburg. Pfund	Frankreich. Kilogr.
1	1,0002	0,8352	1,0007	0,9553	0,9582	0,9661	1,0050	0,4677
0,9998	1	0,8350	1,0005	0,9551	0,9350	0,9659	1,0024	0,4674
1,1974	1,1976	1	1,1198	1,1440	1,0170	1,1570	1,2003	0,5600
0,9993	0,9996	0,8346	1	0,9547	0,9346	0,9654	1,0023	0,4673
1,0467	1,0470	0,8742	1,0475	1	0,9790	1,0112	1,0495	0,4896
1,0692	1,0695	0,8930	1,0700	1,0125	1	1,0330	1,0720	0,5000
1,0350	1,0354	0,8663	1,0355	0,9686	0,9681	1	1,0735	0,4841
0,9974	0,9977	0,8330	0,9981	0,9529	0,9328	0,9636	1	0,4665
2,1380	2,1390	1,7860	2,1400	2,0430	2,0000	2,0660	2,1440	1

Vergleichung von Fruchtmaassen in verschiedenen Ländern.

Preussen. Scheffel.	Sachsen. Scheffel.	Baiern. Scheffel.	Würtemberg. Scheffel.	Hannover. Malter.	Grossherzogthum Hessen. Malter.	Kurhessen. Kasseler Viertel.	Baden. Malter.	Altenburg. Malter.	Braunschweig. Scheffel.	Oesterreich. Metzen.	Frankreich. Hectol.
1	0,5615	0,3116	0,3102	0,2948	0,4296	0,3432	0,3663	0,3856	0,7090	0,5944	0,5500
1,9528	1	0,4834	0,6058	0,5757	0,8394	0,6702	0,7154	0,7530	1,3845	1,7465	1,0740
4,0400	2,0676	1	1,2560	1,1910	1,7355	1,3868	1,4800	1,5580	2,8710	3,6134	2,2220
3,2230	1,6508	0,7979	1	0,9503	1,3850	1,1064	1,1810	1,2430	2,2858	2,8830	1,7730
3,3920	1,7330	0,8396	1,0522	1	1,4570	1,1642	1,2426	1,3080	2,4050	3,0334	2,3587
2,3280	1,1920	0,5762	0,7217	0,6863	1	0,7990	0,8527	0,8976	1,6505	2,0820	1,2803
2,9135	1,4920	0,7212	0,9038	0,8590	1,2515	1	0,0673	1,1235	2,0656	2,6056	1,6026
2,7300	1,3980	0,6757	0,8469	0,8048	1,1725	0,9369	1	1,0525	1,9354	2,4415	1,5015
2,5934	1,3280	0,6426	0,8046	0,7641	1,1140	0,8901	0,9501	1	1,8388	2,3196	1,4265
1,4104	0,7223	0,3412	0,3811	0,4158	0,6059	0,4841	0,5167	0,5438	1	1,2610	0,7758
1,1180	0,5726	0,2768	0,3469	0,3296	0,4803	0,3838	0,4096	0,4311	0,8112	1	0,6150
1,8180	0,9310	0,4500	0,5640	0,5360	0,7810	0,6240	0,6666	0,7010	1,2890	1,6260	1

Sach- und Namenregister.

A.

Abbene, Einfluss der Talkerde auf die Vegetation, 428.

Abich, Analyse des Trachyt-Porphyrs, 77; des Trachyts, 78; der Lava, 79; des Bimssteins, 80; der Tuffe, 80; Aufnahme und Zersetzung des Chlornatriums durch die Pflanzen, 334.

Achard, Zusammensetzung der Atmosphäre, 5; Nichtkeimen der Samen in einer irrespirablen Luft, 170.

Ackererde, Absorption von Sauerstoff, 87, 151; Condensation von Sauerstoff und Wasserstoff, 89; Ammoniakgehalt, 103, 424; Zusammensetzung, 123; Analysen, 126; Bedingungen der Fruchtbarkeit, 137; Classification, 138; physikalische Eigenschaften, 142; Absorptionsvermögen gegen die Feuchtigkeit, 144, 150; specifisches Gewicht, 144; wasserhaltende Kraft, 146, 160; Festigkeit und Consistenz, 147; Fähigkeit, mehr oder weniger schnell auszutrocknen, 148; Volumensverminderung, 149; wärmehaltende Kraft, specifische Wärme, 156; Erwärmung durch das Sonnenlicht, 157; Beobachtung wildwachsender Pflanzen, 165; Einfluss der geognostischen Verhältnisse auf die Eigenschaften, 165.

Ackerkrume, Entstehung, 67; unorganische Bestandtheile, 67; organische Bestandtheile, 88.

Acorus Calamus, Analyse der Asche, 340.

Aequivalente der verschiedenen Düngmittel, 374.

Agardh, über den rothen Schnee, 47.

Aimé, über die von den Meerespflanzen entwickelten Gasarten, 269.

Albit, Zusammensetzung, 70.

Alkalien, kaustische, Einwirkung auf die Vegetation, 464.

Ammoniak, in der Ackererde, Quellen desselben, 103; Gehalt des Mergels, 424, und der Ackererde, 425; ein constanter Bestandtheil der Atmosphäre, 104; Menge im Regenwasser, 397; Absorption durch Gesteine, 105, und alle porösen Materien, 110; Erzeugung bei Oxydation des Eisens, 105; Versuche über die Erzeugung beim Glühen von Kalihydrat mit stickstofffreien Substanzen, 107; Erzeugung bei Gegenwart faulender Substanzen, 113; Bildung durch die Vegetation der Pflanzen, 116; Bildung durch glühenden Platinschwamm und andere poröse erhitzte Körper, 117; Einfluss auf das Gedeihen der Pflanzen, 280; alleinige Quelle für den Stickstoff der Pflanzen, 281; Menge des im Regenwasser enthaltenen, 280, 416; Gegenwart in Pflanzensäften, 282, und in der in den Pflanzen enthaltenen Luft, 283; Aufnahme durch die Pflanzen aus dem Boden, durch die Humussäure vermittelt, 284; Bedeutung des in der lebenden Pflanze enthaltenen für die Sättigung der Säuren, 358; Einfluss des kaustischen auf die Vegetation, 464.

Digitized by Google

Ammoniaksalze, Wirkung als Düngmittel, 396.
Ammoniak-Talkerde, phosphorsaure, Einfluss auf die Vegetation, 430.
Anorganische Stoffe, in der Ackererde, 67; Assimilation durch die Pflanzen, 285, 509; als Düngmittel, 396; Vertheilung in den verschiedenen Organen der Pflanzen, 304, 488; Menge derselben, welche durch die Pflanzen dem Boden entzogen wird, 514.
Apatit, Analyse, 82.
Apfelbaum, Analyse der Asche des Holzes, 320.
Aria cattiva, 38.
Arsenige Säure, Einfluss auf die Vegetation, 448, 451.
Arum, Wärmeentwickelung durch die Blüthen, 227.
Asche, als Düngmittel, 431.
Aschenanalysen, 290; Methoden zur Ausführung, 308; Literatur, 313.
Assimilation von organischen Stoffen und deren Elementen durch die Pflanzen, 220; von anorganischen Stoffen, 285.
Atmosphärische Luft, Zusammensetzung, 1; Theorie über deren Zusammensetzung von Dalton, 11; Berechnungen Benzenberg's 12; Widerlegung der Theorie durch die Versuche von Brunner, 13; Widerlegung von Dumas und Boussingault aus Dalton's eigenen Versuchen, 12.
Atmosphärische Wasser, Bestandtheile, 41.
Augit, Analyse, 74; Verwitterung, 75.
Aushauchung von Sauerstoff durch die Pflanzen, 220.
Aussonderung von Stoffen durch die Wurzeln der Pflanzen, 492; Widerlegung derselben, 496.

B.

Barclay, Anwendung des salpetersauren Natrons als Düngmittel, 440.
Basalt, Zusammensetzung und Analyse, 75.
Basen, gegenseitige Vertretung in den Pflanzen, 305.
Baumhauer, v., Analyse von Ackererden, 126.
Beatson, neues Ackerbausystem, 442.
Becker, Einfluss der Blausäure auf die Vegetation, 459.
Becquerel, Bildung von Essigsäure bei dem Keimen, 177.
Benzenberg, Berechnung der Zusammensetzung der Atmosphäre nach der Dalton'schen Theorie, 12.
Bérard, Verhalten der Früchte gegen die umgebende Luft, 232; über das Reifen der Früchte, 234.
Berger, Zusammensetzung der Atmosphäre, 8; über die im Wasser enthaltene Luft, 52.
Bergmann, Entdeckung der Kohlensäure in der Atmosphäre, 22; Analyse der Ackererde, 127.
Bergsma, s. Van-Beek.
Bertels, Bestandtheile des Schnee- und Regenwassers, 44; Analyse des Guano, 391.
Berthier, Analyse der Ackererde, 130; Aschenprocente verschiedener Holzarten, 291; Analyse von Holzaschen, 294; Analyse der Torfasche, 433.
Berthollet, Zusammensetzung der Atmosphäre, 6; über die Absorption von Sauerstoff durch die Erden, 152; über Assimilation des Wasserstoffs durch die Pflanzen, 272.
Berzelius, Analyse des Augits, 74; Entstehung der Quellsatzsäure, 99; Salpetersäure im Brunnenwasser, 119; Analyse des Menschenharns und Menschenkoths, 370.
Bibra, v., Analyse des Muschelkalkes, 83; des bunten Sandsteins, 85.
Bichon, Analyse der Asche der Erbsen, 316, der Saubohnen, 317, des Buchweizens, 333, der Gerste, 342, des Weizens, 344, und des Roggens, 346.
Bimsstein, Analyse, 79.

Digitized by Google

Birkenholz, Analyse der Asche, 296.
Bischof, Zusammensetzung der in den Gletschern enthaltenen Luft, 54; Kohlenstoffgehalt des Erdkörpers, 265.
Biselx, über den rothen Schnee, 48.
Blätteraschen, Uebersicht der Analysen, 361.
Blattfrüchte, Nutzen ihrer Cultur, 483, 500.
Blausäure, Einfluss auf die Vegetation, 459.
Blengini, Einfluss des Broms auf das Keimen, 183.
Blüthen, Einwirkung auf die umgebende Atmosphäre, 210, 213, 225; Wärmeentwickelung bei der Absorption von Sauerstoff, 227.
Blutregen, Ursprung, 50.
Boden, Einfluss auf das Wachsthum der Pflanzen, 214.
Bodenanalysen, 126, 519.
Boerhave, s. **Musschenbroek**.
Böttinger, Analyse der Asche des Holzes und der Rinde von der Buche, 338, des Kiefernholzes, 339, des Lärchenbaumholzes, 340.
Bohnen, Analyse der Asche, 317.
Bohnenbaum, Analyse der Asche des Holzes, 296.
Bohnenpflanzen, Vegetationsversuche, 204.
Bohnenstroh, Analyse der Asche, 317.
Bonnet, Entwickelung von Sauerstoff durch Pflanzen, 209; siehe auch **Duhamel**.
Bonsdorf, v., Analyse des Tremolits und der Hornblende, 74.
Bouchardat, Salpetersäure im Seinewasser, 119; schädliche Wirkung der Ammoniaksalze auf die Vegetation, 390.
Boussingault, Zusammensetzung der Atmosphäre auf hohen Punkten, 15; Kohlenwasserstoff in der Atmosphäre, 32; über Miasmen, 39; Gasgehalt des Schnees, 54; Bedingungen der Fruchtbarkeit der Ackererde, 137; über das Keimen und Bildung von Kohlenoxydgas bei demselben, 177; Stickstoffgehalt in den Ephenpflanzen, 219; über Ernährungsvermögen des Humus, 198; Schnelligkeit der Zersetzung der Kohlensäure durch die Pflanzen, 258; Ansicht und Versuche über die Assimilation von Wasserstoff durch die Pflanzen, 273; Versuche zur Bestimmung der Menge des durch die Pflanzen fixirten Stickstoffs, 276; Aschenprocente verschiedener Pflanzen, 291; Analyse der Asche der Erbsen, 316, der Saubohnen, 317, der Bohnen, 317, des Klees, 319, der Kartoffeln, 330, der Topinambour, 333, der Runkelrübe, 335, der Stoppelrübe, 335, des Hafers, 343, des Weizens, 344; Analyse des Pferdeharns und Pferdekoths, 369, des Kuhharns und Kuhkoths, 369; Zusammensetzung und Bildung des Stalldüngers, 372; Stickstoffgehalt und Aequivalentzahlen der verschiedenen Düngmittel, 374; Stickstoff- und Klebergehalt verschiedener Weizensorten, 390; Wirkung der Ammoniaksalze als Düngmittel, 401; Theorie des Gipsens, 402; Versuche über die Wirkung des Gipses, 408, 411, 417; Ammoniakgehalt des Regenwassers, 416; Theorie des Kalkens, 422; Anwendung der phosphorsauren Ammoniak-Talkerde als Düngmittel, 431; Anhäufung von organischer Materie in den Pflanzen, 490; Widerlegung der Ansicht von der Absonderung von Stoffen durch die Wurzeln der Pflanzen, 499; Vortheile der Wechselwirthschaft, 500; quantitativ-chemische Untersuchungen über die in der Wechselwirthschaft angewendeten Düngerarten und eingeernteten Producte, 502; über Aufnahme des Stickstoffs durch die Pflanzen, 507; Wichtigkeit der anorganischen Stoffe für die Entwickelung der Pflanzen, 510; Vortheile der Wiesen für den Landbau, 513.
Boussingault und Dumas, Zusammensetzung der Atmosphäre, 13.
Boyle und Homberg, über das Keimen, 169; Vegetationsversuche mit Kürbissen, 185.
Brache, Nutzen, 214, 483.
Brachfrüchte, Nutzen ihrer Cultur, 483.
Braconnot, über Absorption des Ammoniaks durch Gesteine, 105;

Digitized by Google

Einfluss der Pflanzen auf den Boden, Widerlegung der behaupteten Aussonderungen durch die Wurzeln der Pflanzen, 496; Einfluss des Kochsalzes und des kohlensauren Kali's auf die Vegetation, 436; Einfluss der freien Säuren, 457, der Pflanzensäuren, 463, des fauligen Harnes und kohlensauren Kali's, 464.
Brande, Analyse des Kuhharns, 369.
Brandes, Bestandtheile des Regenwassers, 42; Analyse des Keupersandsteins, 85.
Braunkohle, als Düngmittel, 435.
Braunkohlenasche, als Düngmittel, 431.
Brennen des Bodens, Verbesserung der Ackerkrume, 441.
Brocchi, über Aria cattiva, 38.
Brogniart und Malaguti, Analyse des Kaolins, 71.
Brom, Einfluss auf das Keimen, 183.
Bromkalium, Einfluss auf das Keimen, 183.
Brugmann, Aussonderungen durch die Wurzeln der Pflanzen, 492.
Brunner, Zusammensetzung der Atmosphäre, 13; Kohlensäuregehalt der Atmosphäre, 30.
Buch, Analyse der Asche der Esparsette, 318.
Buche, Analyse der Asche der Samen, 337, des Holzes und der Rinde, 338.
Buchweizen, Analyse der Asche, 333.
Büchner, Analyse der Asche der Saubohnen, 317.

C.

Cactus opuntia, Einhauchung und Aushauchung von Sauerstoff, 220.
Cadet de Gassicourt, wasserhaltende Kraft der Erdarten, 160; wildwachsende Pflanzen auf verschiedenen Erdarten, 165.
Calvert und Ferrand, Beschaffenheit der in den Pflanzen eingeschlossenen Luft, 248; Gegenwart des Ammoniaks in dieser Luft, 253.
Campher, Einfluss auf die Vegetation, 465.
Cantu, Einfluss des Jods auf das Keimen der Samen, 183.
Carex caespitosa, Analyse der Asche, 340.
Carradori, Einfluss des Sauerstoffs auf das Keimen der Samen, 172; Einfluss des Schneewassers auf die Vegetation, 180.
Cavendish, Zusammensetzung der Atmosphäre, 5.
Cellulose, Zersetzungsproducte, 93.
Cervis Siliquastrum, Analyse der Asche des Holzes, 295.
Chaptal, Analyse von Ackererden, 128; Versuche über die Wirkung des Gipses als Düngmittel, 408; Theorie des Gipsens, 412; Wirkung des Kalkes als Düngmittel, 422.
Chevandier, jährlicher Ertrag eines Hectares Waldung, 185.
Chlor, Einfluss auf das Keimen der Samen, 180; verschiedene Einwirkung auf verschiedene Samen, 182.
Chlorcalcium, Einfluss auf die Vegetation, 439.
Chlornatrium, Aufnahme und Zersetzung durch die Pflanzen, 334; Einfluss auf die Vegetation, 436.
Chlorquecksilber, Wirkung auf die Vegetation, 450.
Christison, s. Turner.
Citronenkerne, Analyse der Asche, 321.
Classification der Bodenarten, 138.
Collard de Martigny, Uebergang von Ammoniak in Salpetersäure, 123.
Colqhoun, Analyse des Guano, 392.
Confervaceen, Analyse der Asche, 351.
Couverchel, Verhalten der Früchte gegen die umgebende Luft, und über das Reifen derselben, 242.
Crasso, Analyse der Asche der Weinrebe, 322, des Traubenmostes, 323.
Cruikshank, Veränderung der Luft durch das Keimen, 171.
Cultur, Erschöpfung des Bodens durch dieselbe, 481, 485.
Cyanwasserstoffsäure, Einfluss auf die Vegetation, 459.

Digitized by Google

D.

Dalton, Theorie über die Zusammensetzung der Atmosphäre, 11.
Daubeny, Vortheile des Fruchtwechsels, namentlich über die Quantität unorganischer Substanzen, welche durch die Pflanzen dem Boden entzogen werden, 514.
Davidson, Zusammensetzung der Atmosphäre, 4.
Davy, Zusammensetzung der Atmosphäre, 7; Analyse von Ackererden, 128; Analyse des Guano, 392; Theorie des Gipsens, 411; Wirkung des Kalkes als Düngmittel, 420; Wirkung des Mergels, 426; Wirkung der Talkerde auf die Vegetation, 429; Wirkung der freien Salpetersäure auf die Vegetation, 439.
Decandolle, Wasserstoffentwickelung durch die Pilze unter Wasser, 251; Theorie der Wechselwirthschaft, 492.
Degen, Zusammensetzung der Atmosphäre, 11.
Deimann, Trostwyk und Lauwerenburgh, Einfluss der Quecksilberdünste auf die Vegetation, 449.
Denninger, Analyse der Asche des Eichenholzes, 337.
Diallag, Analyse, 75.
Digby, Einwirkung der freien Salpetersäure auf die Vegetation, 439.
Diorit, Zusammensetzung, 74.
Dolerit, Zusammensetzung, 74.
Dolomit, Wirkung auf die Vegetation, 429.
Dombasle, Anhäufung der organischen Materie in den Pflanzen, 489; Einfluss des Kochsalzes auf die Vegetation, 436.
Draper, Verhalten der gefärbten Strahlen bei Zersetzung der Kohlensäure, 259; Wirkung des Lichtes und der Pflanzen auf die kohlensauren Salze, 261; Ursache der Stickstoffentwickelung durch die Pflanzen, 278.
Dreifelderwirthschaft, Entstehung, 483.
Dünger, wirkt durch Entwickelung von Kohlensäure, 215; Zusammensetzung und Wirkung auf das Gedeihen der Pflanzen, 365; organischer, 368; Stickstoffgehalt und Aequivalente der verschiedenen Arten, 374; Einwürfe gegen die Brauchbarkeit dieser Aequivalente, 381; die Hauptwirkung beruht auf seinem Gehalte an anorganischen Stoffen, 382; Wirkung der verschiedenen auf die Production und Bestandtheile der Getreidearten, 386; Elementaranalyse einiger Arten, 504; Analyse der anorganischen Bestandtheile des Stalldüngers, 511.
Duhamel und Bonnet, Vegetationsversuche mit Fruchtbäumen, 185.
Dumas, Theorie der Salpeterbildung, 120.
Dumas und Boussingault, Zusammensetzung der Atmosphäre, 14.
Dupuytren, s. Thénard.
Dutrochet, Wärmeentwickelung durch die Blüthen, 230.

E.

Eiche, Analyse der Asche von verschiedenen Theilen, 303, der Asche der Samen, 336, des Holzes, 295, und der Rinde, 295.
Eichenholz, Verwesung, 91.
Einhauchung von Sauerstoff durch die Pflanzen, 220.
Einhof, Wirkung des Chlors auf das Keimen der Samen, 182; Wirkung des Kalkes auf die Vegetation, 421; über Anwendung der freien Salpetersäure als Düngmittel, 439; Einwirkung des Arseniks auf die Vegetation, 453; s. a. Thaer.
Eisenfeile, Erzeugung von Ammoniak, 114.
Eisenoxydul, in fruchtbaren Ackererden, 131.
Ellis, die Sauerstoffaufnahme bei dem Keimen grösser als die Kohlensäureentwickelung, 175.
Endosmotisches Vermögen der Wurzelfasern, 286.
Engelmann, Analyse der Asche des Holzes und der Rinde vom Vogelkirschenbaum, 320, des Mutterkorns, 357.

Digitized by Google

Equisetaceen, Analyse der Asche, 349.
Erbsen, Gährung, 88; Keimen, 174; Analyse der Asche, 308, 315.
Erbsenstroh, Analyse der Asche, 316.
Erden, physikalische Eigenschaften derselben, 144.
Erdmann, Analyse des Pechsteins und Perlsteins, 80; Methode der Aschenanalyse, 309; Abwesenheit von Natron in Getreideaschen, 345.
Eriophorum vaginatum, Analyse der Asche, 341.
Erlenholz, Analyse der Asche, 295, 308, 337.
Ernährung der Pflanzen, 184.
Esparsette, Analyse der Asche, 318.
Essigsäure, Bildung bei dem Keimen der Samen, 177.
Excremente, als Dünger, 369.

F.

Fagraeus, über Ernährung der Pflanzen, 187; über Dünger, 385.
Faraday, Versuche über die Ammoniakerzeugung durch stickstofffreie Substanzen, 107.
Farrenkraut, Analyse der Asche, 297.
Felddünger, Analyse, 371.
Feldmaasse, Vergleichung einiger, 529.
Feldspath, Zusammensetzung, 70; Verwitterung, 70; Zersetzung durch kohlensäurehaltiges Wasser, 71.
Ferrand, s. Calvert.
Fichte, Analyse der Asche, 288, 295.
Fichtennadeln, Analyse der Asche, 339.
Ficinus, Zusammensetzung der Luft bei verschiedenen Winden, 18; über den rothen Alpenschnee, 49.
Fingerhut, Analyse der Asche, 327.
Flachs, s. Lein.
Flechten, Analyse der Asche, 354.
Florideen, Analyse der Asche, 352.
Fontana, Zusammensetzung der Atmosphäre, 4.
Fontenelle, Bestandtheile des Thaues der Moräste, 39; Gase desselben, 55.
Forchhammer, Analyse des Geiserwassers, 70; Analyse des Kaolins, 71; Analyse des Gneises und des Alaunschiefers, 84; Zusammensetzung einiger Torfharze, 124; Analyse der Asche der Fucaceen, 350.
Ford, Einfluss des sauerstoffhaltigen Wassers auf das Keimen der Samen, 179.
Fourcroy, Kohlensäuregehalt der Atmosphäre, 22.
Fourcroy und Vauquelin, über das Keimen der Samen, 173.
Fownes, über Ammoniakbildung, 109.
Frémy, Verhalten der Früchte gegen die umgebende Atmosphäre, und über das Reifen derselben, 244.
Fresenius, s. Will.
Frick, Analyse des Thonschiefers, 84.
Fritzsche, Bestandtheile des Guano, 391.
Fruchtmaasse, Vergleichung einiger, 530.
Fructificationswerkzeuge der Pflanzen, Wärmeentwickelung, 227.
Früchte, Verhalten gegen die umgebende Luft, 231; Reifen derselben, 232.
Fucaceen, Analyse der Asche, 350.

G.

Gährung, bei dem vollkommenen und unvollkommenen Zutritt der Luft, 87; Einwirkung auf ein Gemenge von Sauerstoff- und Wasserstoffgas, 88.
Gase, Wirkung verschiedener auf die lebenden Pflanzen, 474.
Gasparin, Bodenanalysen, 129.

Digitized by Google

Gay-Lussac, Zusammensetzung der Atmosphäre, 8; Versuche über den Wasserstoffgehalt der Atmosphäre, 32; Zusammensetzung der vom Wasser absorbirten Luft, 52.
Gebirgsarten, Zusammensetzung der krystallinischen, 70; der geschichteten, 82.
Gerbsäure, Analyse, 94.
Geisersinter, Analyse, 70.
Geiserwasser, Analyse, 70.
Geradewohl, Analyse der Asche des Roggens, 346.
Gerbestoff, schädliche Einwirkung auf die Vegetation, 472.
Gerste, Keimversuche, 170; Analyse der Asche, 293, 308, 341.
Gerstenstroh, Analyse der Asche, 342.
Getreide, Einfluss der Düngmittel auf die Bestandtheile, 386.
Gewichte, Vergleichung einiger, 530.
Gilby, Schnelligkeit der Zersetzung der Kohlensäure durch die Pflanzen, 257; Verhalten der einzelnen gefärbten Strahlen bei dieser Zersetzung, 258.
Giobert, Zusammensetzung der Atmosphäre, 6; Analyse der Ackererde, 127; Einfluss der Talkerde auf die Vegetation, 428.
Gips, Wirkung auf die Vegetation und Theorie der Anwendung, 402, 408.
Girard, Analyse des Basalts, 76.
Girtanner, Kohlensäuregehalt der Atmosphäre, 22.
Glimmer, Analyse, 72.
Gmelin, Analyse des Granats, 73, des Basalts, 76, des Phonoliths, 77.
Gneis, Zusammensetzung, 73.
Gödechens, Analyse der Asche von Fucaceen, 350.
Göppert, Einfluss der freien Säuren, 457, der Blausäure, 460, der Pflanzensäuren, 463, des Aetzammoniaks, 464, des Camphers, 466, der narkotischen Pflanzenstoffe, 468, auf die Vegetation; Beschleunigung des Keimens durch die Säuren, 473.
Gourcy, Anwendung des salpetersauren Natrons als Düngmittel, 440.
Gräger, Bodenanalysen, 130.
Granat, Analyse, 73.
Granit, Zusammensetzung, 70.
Granulit, Zusammensetzung, 73.
Grischow, über Zersetzung der kohlensauren Salze durch die Pflanzen, 263.
Grouvelle, Bestandtheile des rothen Schnees, 48.
Grünstein, Zusammensetzung, 74.
Guano, Zusammensetzung und Wirkung, 380.
Guibourt, Analyse der Asche des Salzkrauts, 334.

H.

Hackfrüchte, Nutzen des Anbaues derselben, 500.
Hafer, Analyse der Asche, 308, 343.
Haferstroh, Analyse der Asche, 343.
Haidekraut, Analyse der Asche, 297, 327.
Haidlen, Analyse des Kuhkoths, 369.
Hanf, Analyse der Asche der Samen und der Pflanze, 336; chemische Beschaffenheit, mit Rücksicht auf die Bedingungen des Wachsthums und der Zurichtung dieser Pflanze, 523.
Harn, als Dünger, 369.
Hartig, Versuche über das Ernährungsvermögen der Humussäure, 192.
Hassenfratz, Zusammensetzung der im Wasser aufgelösten Luft, 51; Einfluss des Schnee- und Regenwassers auf die Vegetation, 180; über die Ernährung der Pflanzen, 188.
Hausmann, Abhängigkeit des Landbaues von der geognostischen Beschaffenheit des Bodens, 165.
Heidelbeerstrauch, Analyse der Asche, 288.
Helmont, Vegetationsversuche, 184.

Digitized by Google

Henry, Zusammensetzung der im Wasser aufgelösten Luft, 51.
Hermann, Analyse des Tschornasems, 125.
Hermbstädt, Untersuchung der Seeluft, 35; Einfluss des stickstoffhaltigen Düngers auf die Vegetation, 281; Wirkung verschiedener Dünger auf die Production der Getreidearten und deren Bestandtheile, 386.
Hertwig, Analyse der Asche des Erbsenstroh's, 316, des Bohnenstroh's, 317, der Tabaksblätter, 330, des Kartoffelkrauts, 331, des Buchenholzes, 338, des Tannenholzes, der Tannenrinde, der Tannen- und Fichtennadeln, 339.
Hirse, Analyse der Asche, 348.
Hofdünger, Zusammensetzung, 371; Wirkung, 384.
Hoffmann, Verhalten der Pilze und Moose gegen die umgebende Atmosphäre, 254; Analyse der Asche der Lindenrinde und des Lindenholzes, 323.
Holzasche, Uebersicht der Analysen, 361; Anwendung als Düngmittel, 431.
Holzfaser, Verwesung, 87.
Homberg, s. Boyle.
Hopfen, Analyse der Asche, 336.
Hornblende, Analyse, 74.
Horsford, Analyse der Asche des Klees, 319.
Hruschauer, Analyse der Asche der Weinrebe, 322, des Maisstroh's, 347.
Huber, Sauerstoff nothwendig zum Keimen der Samen, 170.
Hubert, Wärmeentwickelung durch die Blüthen, 228.
Hünefeld, Salpetersäure im Brunnenwasser, 119; Wirkungsart des Mergels, 427.
Humboldt, v., Zusammensetzung der Atmosphäre, 5, 8; Kohlensäuregehalt, 23, und Wasserstoffgehalt der Atmosphäre, 32; Zusammensetzung der im Wasser aufgelösten Luft, 52; Absorptionsvermögen der Ackererde gegen Sauerstoff, 151; Sauerstoff nothwendig zum Keimen der Samen, 170; Entwickelung von Kohlensäure, Stickstoff und Wasserstoff während des Keimens, 171; Einfluss des Chlors auf das Keimen, 180; Wasserstoffentwickelung der Pilze im Wasser, 250; Ernährungsvermögen der Erden für die Pflanzen, 288.
Humin, Analyse, 94.
Humus, Entstehung, 87; langsame und anhaltende Quelle von Kohlensäure, 93; Ernährungsvermögen für die Pflanzen, 184.
Humusartige Bestandtheile der Ackererde, 125.
Humussäure, Analyse, 94; Ernährungsvermögen für die Pflanzen, 184; Absorption des Ammoniaks, Bedeutung für die Fruchtbarkeit der Ackererde, 200, 284; Düngversuche, 435.
Humustheorie, der Wechselwirthschaft, 485.
Hypersthen, Analyse, 75.

I. J.

Jackson, Analyse des Pferdekoths, 369.
Jäger, Wirkung des Arseniks auf die Vegetation, 452.
James, Analyse der Asche der Senfsamen, 324.
Ingenhouss, Zusammensetzung der Atmosphäre, 4; Absorption von Sauerstoff durch die Ackererde, 87; Sauerstoff nothwendig zum Keimen der Samen, 170; Einfluss des Chlors auf das Keimen, 181; Einfluss von Säuren auf das Keimen, 184; Entwickelung von Sauerstoff durch die grünen Theile der Pflanzen, 210; über Ernährung der Pflanzen, 212; Verhalten der Früchte gegen die atmosphärische Luft, 231; Aufnahme von Stickstoff durch die Pflanzen, 278.
Jod, Einfluss auf das Keimen der Samen, 183.
Jodkalium, Einfluss auf das Keimen der Samen, 184.
John, Einwirkung der metallischen Salze auf die Vegetation, 449.
Johnson, Versuche über das Ernährungsvermögen des Humus, 202.
Johnston, Aschenprocente in verschiedenen Theilen der Pflanzen, 304.

Digitized by Google

K.

Kaffeebohnen, Analyse der Asche, 326.
Kali, kohlensaures, Einfluss auf die Vegetation, 436.
Kalk, Wirkung als Düngmittel, 420.
Kalksteine, Analysen, 83.
Kamille, Analyse der Asche, 332.
Kane, Analyse der Asche der Leinpflanze, 321, und der Hanfpflanze, 336; chemische Beschaffenheit der Flachs- und Hanfpflanze, mit Rücksicht auf die Bedingungen ihres Wachsthums und ihrer Zurichtung, 522.
Kaolin, Analyse, 71.
Karsten, Analyse des Granats, 73.
Kartoffel, Analyse der Asche, 330.
Kartoffelkraut, Analyse der Asche, 296, 331.
Kastanienbaum, Analyse der Asche der Früchte, 293, und des Holzes, 296.
Keimen, der Getreidekörner in verschiedenen Erdarten, 159; Veränderung der Luft, 111, 171; Keimen der Samen überhaupt, 169; Bedingungen für dasselbe, 169; findet im luftleeren Raume nicht Statt, 170; ebenso wenig im luftleeren Wasser, 170, oder in einer irrespirablen Gasart, 170; nothwendige Gegenwart von Sauerstoff, 170; Bildung von Kohlensäure während desselben, 171; Entwickelung von Stickstoff und Wasserstoff während desselben, 171; keine Zersetzung des Wassers findet Statt, 172; die erforderliche Sauerstoffmenge verschieden für verschiedene Pflanzen, 174; es wird mehr Sauerstoff aufgenommen als Kohlensäure entwickelt, 175; Bildung von Kohlenoxydgas bei demselben, 177; Einfluss des Lichtes, 178; Verhalten im Sauerstoffgase, 179; Einfluss des Chlors und anderer oxydirender Stoffe, 180.
Kersten, Analyse des hydraulischen Kalkes, 83.
Keupersandstein, Analyse, 85.
Kiefer, Analyse der Asche der Samen, 339, und des Holzes, 339.
Kirwan, Ernährung der Pflanzen, 188; über Dünger, 385.
Klaproth, Zusammensetzung des Guano, 391.
Klaunig, Anwendung des Operments als Düngmittel, 453.
Klee, Keimversuche mit den Samen, 177; Analyse der Asche, 319; Nutzen seiner Cultur, 484.
Kleinschmidt, Analyse der Asche der Eicheln, 337.
Knop und Schnedermann, Analyse der Asche des Hafers, 343, der Flechten, 354.
Kochsalz, Einfluss auf die Vegetation, 436.
Köchlin, Analyse der Asche des Sapanholzes, 319, der Krappwurzeln, 326, der Gerste, 341.
Köhler, Analyse des Diallag, 75.
Kohle, als Düngmittel, 214.
Kohlenoxydgas, in der Atmosphäre, 29; Bildung bei dem Keimen der Samen, 177; Vegetation der Pflanzen in reinem, 225.
Kohlensäure, Bestandtheil der Atmosphäre, 22; Schwankungen des Gehaltes in der Atmosphäre, 23; Einfluss des Regens, 23, des Gefrierens des Bodens, 24, des Wassers der Seen, 25, auf den Gehalt derselben in der Atmosphäre; Gehalt in der Atmosphäre in den Städten und auf dem Lande, 25, auf den Bergen, 26, während des Tages bei starkem Winde, 26, bei Tage und bei Nacht, 27; Erklärung dieser Schwankungen, 29; Bildung derselben während des Keimens der Samen, 171; Ernährung der Pflanzen durch die K. der Atmosphäre, 186; Zersetzung durch die Pflanzen, 211; Schnelligkeit dieser Zersetzung, 257; die K. der Atmosphäre die Hauptquelle für den Kohlenstoff der Pflanzen, 264.
Kohlensaure Salze, Zersetzung durch das Licht und die Pflanzen, 261.

Digitized by Google

Kohlenstoff, Assimilation durch die Pflanzen, 209; Menge des im Erdkörper enthaltenen, 265.
Kohlenwasserstoff, in der Atmosphäre, 32.
Kornblume, Analyse der Asche, 332.
Krappwurzeln, Analyse der Asche, 326.
Krocker, Analyse verschiedener Mergelarten, 423; Ammoniakgehalt des Mergels und der Ackererde, 423, 425.
Krüger, Bestandtheile der Seeluft, 35.
Kudernatsch, Analyse der Hornblende, 74, und des Augits, 75.
Kuhharn, Analyse, 369.
Kuhkoth, Analyse, 369.
Kuhlmann, Erzeugung von Ammoniak beim Rosten des Eisens und der Darstellung von Aethiops martialis, 105; Bildung von Ammoniak durch glühenden Platinschwamm, 117; Theorie der Salpeterbildung, 120; Wirkung einiger organischer Düngmittel, 395 u. 405; Wirkung der Ammoniaksalze als Düngmittel, 396 u. 404; Anwendung des salpetersauren Natrons als Düngmittel, 440.

L.

Labrador, Analyse, 70.
Längenmaasse, Vergleichung derselben, 528.
Lärchenbaum, Analyse der Asche des Holzes, 340.
Lampadius, Bestandtheile der Meteorwasser, 44; Gasgehalt des Schnees und des Regenwassers, 53; Untersuchung des in den Selleriepflanzen enthaltenen Wassers, 189; Düngversuche mit Humussäure, 435; Wirkung des Chlorcalciums auf die Vegetation, 439; über Anwendung des gebrannten Thons als Düngmittel, 442; Einfluss des weissen Arseniks auf die Vegetation, 449.
Landriani, Zusammensetzung der Atmosphäre, 4.
Lava, Analyse, 79.
Lavoisier, Zusammensetzung der Atmospbäre, 4; über Dünger, 385.
Leblanc, Zusammensetzung der Luft eingeschlossener Räume, 40.
Lecoq, Einfluss des Kochsalzes auf die Vegetation, 436.
Lefebure, Sauerstoff nothwendig zum Keimen der Samen, 170; über den Einfluss des Chlors auf das Keimen, 182.
Leinpflanze, Analyse der Asche, 321; chemische Beschaffenheit derselben, mit Rücksicht auf die Bedingungen ihres Wachsthums und ihrer Zurichtung, 523.
Leinsamen, Analyse der Asche, 321.
Leslie, Absorptionsvermögen der Erden und Steine gegen die Feuchtigkeit, 143.
Letellier, Analyse der Asche von Mais, 323; Analyse der Torfasche, 433.
Leuchs, Wirkung des Sublimats, 450, der arsenigen Säure, 452, verschiedener Metallsalze, 453, der freien Säuren, 457, der Pflanzensäuren, 463, des Camphers, 467, der narkotischen Pflanzenstoffe, 470 auf die Vegetation.
Leuchtweiss, Analyse der Asche der Leinsamen, 321, der Hanfsamen, 336.
Levi, Analyse der Ackererde, 131; Analyse der Asche der Bohnen, 317, der Linsen, 318, der Wicken, 318, der Liebfrauenrebe, 322, der Kaffeebohnen, 326, des Kiefernholzes, 339, der Spargel, 340, des Haferstroh's 343.
Levy, Zusammensetzung der Atmosphäre, 18; Schwankungen in der Zusammensetzung der Seeluft, 19; Kohlensäuregehalt der Atmosphäre, 19 u. 31; Zusammensetzung der vom Meerwasser absorbirten Luft, 58.
Licht, Einfluss auf das Keimen der Samen, 178; Einfluss auf die Zersetzung der Kohlensäure durch die Pflanzen, 208.
Liebfrauenerde, Analyse, 323.

Digitized by Google

Liebfrauenrebe, Analyse der Asche, 322.
Liebig, über Miasmen in der Atmosphäre, 37; Bestandtheile des Regenwassers, 44; Verwesung organischer Körper, 91; das Ammoniak ein constanter Bestandtheil der Atmosphäre, 104 u. 110; Condensation des Ammoniaks in porösen Gesteinen, 106, und in allen porösen Materien, 110; Salpetersäure im Regenwasser, 118, im Brunnenwasser, 119; Bildung der Salpetersäure durch Oxydation des Ammoniaks, 121; Ursache dieser Bildung, 122; der Humus hat kein directes Ernährungsvermögen für die Pflanzen, 190; Recensionen und Streitschriften über dessen Werk: „die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Pflanzenphysiologie," 208; die Kohlensäure der Atmosphäre die Hauptquelle für den Kohlenstoff der Pflanzen, 265; Berechnung des Kohlensäuregehalts der Atmosphäre, 265; die Pflanzen bilden keine Kohlensäure, 267; die Sauerstoffabsorption durch die Pflanzen ein rein chemischer Process, 268; Ansicht über die Assimilation des Wasserstoffs und Gründe für dieselbe, 274; das Ammoniak die alleinige Quelle für den Stickstoff der Pflanzen, 281; Menge des im Regenwasser enthaltenen Ammoniaks, 280; Gesetz über die gegenseitige Vertretung der Basen in den Pflanzen, 305; Wirkung der flüssigen und festen Excremente auf die Vegetation, 371; Theorie des Gipsens, 415; Theorie der Wechselwirthschaft und Erschöpfung des Bodens durch die Cultur, 486; Vertheilung der Salze in den Pflanzen und Aufnahme derselben in den verschiedenen Jahreszeiten, 488; über Aussonderungen durch die Wurzeln der Pflanzen, 495; über die Wirkung des salpetersauren Natrons als Düngmittel, 441; Vortheile des Fruchtwechsels, 501; über die Aufnahme von Stickstoff durch die Pflanzen, 503; Wichtigkeit der anorganischen Substanzen für die Entwickelung der Pflanzen, 509.
Linde, Analyse der Asche der Rinde, 323, und des Holzes, 295 u. 323.
Linsen, Analyse der Asche, 318.
Löwe, Analyse des Basalts, 76, der Lava, 81.
Loudon, Classification der Bodenarten, 139.
Luft, Zusammensetzung der im Wasser aufgelösten, 51; Entwickelung bei dem Gefrieren des Wassers, 53; Variationen in der Zusammensetzung dieser Luft, 55; Veränderung durch das Keimen und die Gährung, 111; s. a. Atmosphäre.

M.

Macaire Princep, Aussonderungen durch die Wurzeln der Pflanzen, 493; Wirkung des Sublimats, 450, der arsenigen Säure, 452, der Blausäure, 462, der narkotischen Pflanzenstoffe, 470, auf die Vegetation.
Madia sativa, Analyse der Asche der Samen, 331.
Magelhaens, Zusammensetzung der Atmosphäre, 4.
Mais, Analyse der Asche, 293, 346.
Maisstroh, Analyse der Asche, 347.
Malaria, 39.
Malaguti, s. Brogniart.
Marcet, Einwirkung der Pilze auf die Luft und das Wasser, 231; Wirkung des Quecksilbers, 450, des Sublimats, 450, der arsenigen Säure, 452, verschiedener Metallsalze, 453, der Blausäure, 459, der Pflanzensäuren, 463, des Camphers, 466, der narkotischen Pflanzenstoffe, 467, verschiedener Gase, 474, auf die Vegetation.
Marci, über Dünger, 385.
Marggraf, Salpetersäure im Brunnenwasser, 119.
Marignac, Zusammensetzung der Atmosphäre, 17.
Marshal Hall, keine Ammoniakbildung beim Rosten des Eisens, 106.
Marti, Zusammensetzung der Atmosphäre, 7.

Digitized by Google

Maulbeerbaum, Analyse der Asche des Holzes, 296.
May, Analyse der Asche der Krappwurzeln, 326.
Meerespflanzen, Entwickelung von Gasarten durch dieselben, 269.
Meerwasser, Zusammensetzung der von demselben absorbirten Luft und Ursache der Variationen in der Zusammensetzung der letztern, 57.
Melaphyr, Zusammensetzung, 77.
Menschenharn, Analyse, 370.
Menschenkoth, Analyse, 370.
Mergel, Zusammensetzung und Wirkung, 423; Quantität des in Anwendung zu bringenden, 427.
Metallsalze, Einwirkung auf die Vegetation, 453.
Meteorwasser, s. Atmosphärische Wasser.
Miasmen, in der atmosphärischen Luft, 36.
Milchsäure, Bildung bei dem Keimen der Samen, 177.
Mistel, Analyse der Asche der Blätter und Aeste, 325.
Mitscherlich, Analyse des Kaolins, 71; Methode zur Aschenanalyse, 310; Analyse der Asche der Ober- und Unterhefe des Biers, 355.
Moder, Entstehung, 93.
Mohalebkirschenbaum, Analyse der Asche des Holzes, 295.
Moose, Verhalten gegen die umgebende Atmosphäre, 254; Analyse der Asche, 355.
Morin, Analyse des Kuhmistes, 370.
Morren, durch kleine Thierchen bewirkte Sauerstoffentwickelung in stehenden Gewässern, 22 u. 55; Variationen in der Zusammensetzung der vom Wasser absorbirten Luft und Ursache derselben, 55.
Moscati, über die Aria cattiva, 38.
Müller, Analyse der Asche der Samen vom Repskohl, 324.
Muir, Analyse des Hypersthen, 75.
Mulder, Zersetzungsproducte der Cellulose, 93; Analyse des Ulmins, Humins, der Ulminsäure, Huminsäure und Geïnsäure, 94; der Quellsäure und Quellsatzsäure, 96; Bildung dieser Substanzen, 98; Bildung der Salpetersäure in der Ackererde, 102; Erzeugung des Ammoniaks in der Ackererde, auf Kosten des Stickstoffs der Atmosphäre, 113; Erzeugung des Ammoniaks durch die Vegetation der Pflanzen, 116; Hindernisse der Anhäufung von Salpetersäure in der Ackererde, 123; Eintheilung der Bestandtheile der Ackererde, 124; Zusammensetzung einiger Torfharze, 124; Ernährungsvermögen des Humus für die Pflanzen, 198; Absorption des Ammoniaks durch die Humussäuren, 200; Versuche über das Ernährungsvermögen der Humussäuren, 201; Menge des im Regenwasser enthaltenen Ammoniaks, 282; Aufnahme des Ammoniaks aus dem Boden durch die Pflanzen, vermittelt durch die Humussäuren, 284; endosmotisches Vermögen der Wurzelfasern, 286; Ansicht über die Abhängigkeit der Menge der unorganischen Basen in den Pflanzen von den Proteïnverbindungen, 362; über den Ammoniakgehalt der Pflanzen, 358; Einwürfe gegen die Brauchbarkeit der Boussingault'schen Aequivalentzahlen der Düngerarten, 381; über die Aussonderung von Stoffen durch die Wurzeln der Pflanzen, 498.
Muschelkalk, Analyse, 83.
Musschenbroek und Boerhave, das Keimen findet im luftleeren Raume nicht Statt, 170.
Mutterkorn, Analyse der Asche, 357.

N.

Namur, Analyse der Asche der Turnipsblätter, 325.
Narkotische Pflanzenstoffe, Einfluss auf die Vegetation, 467.
Natron, salpetersaures, Anwendung als Düngmittel, 440.
Nesbit, Analyse der Hopfenasche, 326.

Digitized by Google

O.

Oleander, Analyse der Asche, 288.
Oligoklas, Analyse, 70.
Operment, Anwendung als Düngmittel, 453.
Organische Stoffe, Assimilation durch die Pflanzen, 184; Anwesenheit in der Ackererde, 86; Anwendung als Düngmittel, 368; Anhäufung derselben in den Pflanzen, 489.
Orthoklas, Analyse, 70.

P.

Pajot, Einfluss des Chlors auf das Keimen, 181.
Papin, das Keimen findet im luftleeren Wasser nicht Statt, 170.
Parmentier, Ernährung der Pflanzen, 187; über Dünger, 385.
Parrot, Zusammensetzung der Atmosphäre, 7.
Payen, Wirkung des Gerbestoffs auf die Vegetation, 472.
Pechstein, Analyse, 80.
Perceval, Wirkung der Kohlensäure auf die Pflanzen, 215.
Perlstein, Analyse, 80.
Peschier, über den rothen Schnee, 48.
Petersen, Analyse des Basalts, 76.
Petzholdt, Analyse der Asche des gesunden und des brandigen Weizens, 345.
Pferdeharn, Analyse, 369.
Pferdekoth, Analyse, 369.
Pflanzen, Wachsthum und Ernährung, 184; ziehen den Haupttheil ihrer Nahrung aus der Atmosphäre, 185; Ernährungsvermögen des Humus für dieselben, 184; Assimilation des Kohlenstoffs, 208; entwickeln Sauerstoff im Sonnenlichte, 209, nicht in luftleerem Wasser, 211; wachsen schneller im Dunkeln als im Sonnenschein, 213; Bildung von Kohlensäure durch dieselben, 215; Gewichtszunahme durch deren Vegetation im Schatten und Sonnenlichte, 216; Absorption eines Theils des Sauerstoffs der Kohlensäure, 218; gleichzeitige Entwickelung von Stickstoff, 218; Einhauchung und Aushauchung von Sauerstoff, 220; Vegetation in reinem Sauerstoff-, Stickstoff-, Wasserstoff- und Kohlenoxydgase, 225; Wärmeentwickelung durch die Fructificationswerkzeuge derselben, 227; Beschaffenheit der in denselben eingeschlossenen Luft, 248; Verhalten der niedern gegen die umgebende Atmosphäre, 250; Schnelligkeit der Zersetzung der Kohlensäure, 257; Verhalten der einzelnen gefärbten Strahlen bei dieser Zersetzung, 258; Wirkung derselben und des Lichtes auf die kohlensauren Salze, 261; bilden keine Kohlensäure, 267; Assimilation des Wasserstoffs, 270, des Stickstoffs, 276, von anorganischen Stoffen, 285; Aschenprocente in einer Menge derselben, 290; Aufnahme von auflöslichen Stoffen durch die Wurzeln, 444; Anhäufung der organischen Materie in denselben, 489; Aussonderungen durch die Wurzeln, 492; Widerlegung derselben, 496; Bestimmung der Quantität anorganischer Substanzen, welche durch dieselben dem Boden entzogen wird, 519.
Pflanzenaschen, Analysen, 293; gegenseitige Vertretung der Basen in denselben, 305; Verhältniss des Sauerstoffs der Phosphorsäure zu dem der Basen, Ueberschuss an Kohlensäure, 360.
Pflanzengifte, oder der Vegetation schädliche Stoffe, 443; Art der Einwirkung, 447.
Pflanzensäuren, Einwirkung auf die Vegetation, 463.
Philips, Analyse von Bodenarten, 131; Einwirkung der Kupferlösung auf die Vegetation, 453.
Phonolith, Analyse, 77.
Phosphorsäure, Entdeckung in den Pflanzenaschen, 290.
Phyceen, Analyse der Asche, 351.
Piddington, Analyse der Ackererde, 131.

Digitized by Google

Pilze, Verhalten gegen die umgebende Atmosphäre, 251; Analyse der Asche, 355.
Plagne, Analyse der Ackererde, 130.
Platinschwamm, Bildung von Ammoniak durch glühenden, 117.
Poleck, Analyse der Asche der Kiefernsamen, 339, der Tannensamen, 338, der Hirse, 348.
Polstorff, s. Wiegmann.
Pomeranzenbaum, Analyse der Asche des Holzes, 296.
Porcellanerde, Analyse, 71.
Porphyr, Zusammensetzung, 77.
Priestley, Entdeckung des Sauerstoffs, 3; Zusammensetzung der Atmosphäre, 4; Zusammensetzung der im Wasser aufgelösten Luft, 51; Entwickelung von Sauerstoff durch die Pflanzen, 209; Aufnahme von Stickstoff durch die Pflanzen, 278.
Proust, Sauerstoff nothwendig zum Keimen, 170.
Puvis, über die Menge des in Anwendung zu bringenden Mergels, 427; Einfluss des Kochsalzes auf die Vegetation, 430.
Pyrop, Analyse, 73.
Pyrrhin, in der Luft, 36; in dem Meteorwasser, 42.
Pyrus spectabilis, Analyse der Asche des Stammes, der Blätter und der Früchte, 304.

Q.

Quecksilberdünste, Einwirkung auf die Vegetation, 449.
Quecksilberoxyd, Wirkung auf die Vegetation, 450.
Quecksilberoxydul, Wirkung auf die Vegetation, 451.
Quellartige Bestandtheile der Ackererde, 125.
Quellsäure, Analyse, 96.
Quellsatzsäure, Analyse, 96; Bildung 99.
Quittenkerne, Analyse der Asche, 320.

R.

Rade, gemeine, Analyse der Asche, 324.
Rafn, Einfluss des Chlors auf das Keimen, 181, der Blausäure auf die Vegetation, 459.
Rainfarrenkraut, Analyse der Asche, 296.
Rammelsberg, Analyse des verwitterten Augits, 75.
Rau, wildwachsende Pflanzen auf verschiedenen Bodenarten, 165.
Regen, Einfluss auf den Kohlensäuregehalt der Luft, 23.
Regenwasser, Bestandtheile, 42; Menge des in demselben enthaltenen Ammoniaks, 280.
Reiset, über Ammoniakbildung, 108.
Reisschalen, Analyse der Asche, 347.
Repskohl, Analyse der Asche der Samen, 324.
Richardson, Analyse des Felddüngers, 371.
Rigaud de l'Isle, über Aria cattiva, 38; Wirkung des Gipses, 420.
Rindenaschen, Uebersicht der Analysen, 361.
Robert, Kieselerde in Mineralwässern, 71.
Roggen, Analyse der Asche, 308, 346.
Roggenstroh, Analyse der Asche, 346.
Roscher, über Braunkohle als Düngmittel, 435.
Rose, G., Analyse des Apatits, 82.
Rose, H., Analyse des Glimmers, 72, des Augits, 74.
Rothbuchenholz, Analyse der Asche, 295, 308.
Roubaudi, Zusammensetzung der Seeluft, 36.
Runkelrüben, Analyse der Asche der Wurzel, 308, 335.
Rüling, Analyse der Asche der gemeinen Rade, 324, des Schöllkrauts, 325, der Kornblume, 332, der Kamille, 332, des Acorus Calamus, 340.

Digitized by Google

S.

Säuren, Einfluss auf das Keimen der Samen, 184, 473; Zersetzung durch die Pflanzen im Sonnenlichte, 262; Einfluss der freien auf die Vegetation, 456.

Salm-Horstmar, Wirkung der Asche als Dünger, 431.

Salpetersäure, Bildung in der Ackererde, 102, 118; Anwesenheit im Regenwasser, 118, im Brunnenwasser, 119, Bildung durch Oxydation aus Ammoniak, 120; Theorie der Bildung, 119; Hindernisse ihrer Anhäufung in der Ackererde, 123; Einfluss auf das Keimen der Samen, 184; über ihre Theilnahme an Ernährung der Gewächse, 285; Anwendung als Düngmittel, 439.

Salpetersaure Salze, Wirkung als Düngmittel, 407, 439.

Salzkraut, Analyse der Asche, 334.

Salzsäure, Einfluss auf das Keimen der Samen, 184.

Samenaschen, Verhältniss des Sauerstoffs der Phosphorsäure zu dem der Basen, 358.

Sandstein, bunter, Analyse, 85.

Sapanholz, Analyse der Asche, 319.

Sarzeau, Erzeugung von Ammoniak durch Oxydation des Eisenoxyduls, 105.

Saubohne, Analyse der Asche, 293, 317.

Sauerstoff, Bestandtheil der Atmosphäre, 3; Variationen des Gehalts der Luft, Einwürfe dagegen, 9; wahrscheinliche Gränzen dieser Variationen, 16; Variationen bei Winden, 18; Variationen über dem Meere, 19; Versuch einer Erklärung derselben, 20; Sauerstoff, nothwendig zum Keimen der Samen, 170; Keimen in einer Atmosphäre von reinem, 179; Absorption durch Gesteine und die Ackererde, 153; Entwickelung durch grüne Blätter, 209; Einfluss auf das Wachsthum der Pflanzen, 179 Aufnahme durch die Pflanzen aus der Kohlensäure, 218; Einhauchung und Aushauchung durch die Pflanzen, 220; Grösse dieser Aushauchung bei verschiedenen Pflanzen, 223; Vegetation der Pflanzen in reinem, 225; Absorption durch die Pflanzen, ein rein chemischer Process, 268.

Saussure, Zusammensetzung der Atmosphäre, 7; Kohlensäuregehalt der Atmosphäre, 23; kohlenstoffhaltige Substanz in der Atmosphäre, 32; Absorption von Sauerstoff durch die Ackererde, 87, 152; über die Gährung, 87; Veränderung der Luft durch Keimen und Gährung, 111; Condensation des Stickstoffs durch gährende Substanzen, 111; die zum Keimen verschiedener Pflanzen erforderliche Sauerstoffmenge ist verschieden, 174; die Aufnahme der Menge derselben bei dem Keimen grösser als die Kohlensäureentwickelung, 175; Absorption von Stickstoff bei dem Keimen, 176; über den Einfluss des Lichtes auf das Keimen, 178; Ernährungsvermögen des Humus für die Pflanzen, 193; der Dünger wirkt durch Entwickelung von Kohlensäure, 215; Bildung von Kohlensäure in den Pflanzen, 215; Vegetationsversuche in reiner atmosphärischer Luft, 215, und in der mit Kohlensäure künstlich gemengten Luft, 216; Aufnahme von Sauerstoff aus der Kohlensäure und gleichzeitige Entwickelung von Stickstoff durch die Pflanzen, 218; Aufnahme von Sauerstoff aus der Atmosphäre, 219; Einhauchung und Aushauchung von Sauerstoff durch die Pflanzen, 220; Grösse dieser Aushauchung bei verschiedenen Pflanzen, 223; Verhalten der Wurzeln, 226, der Blüthen, 226, und der Früchte, 231, 236, gegen die sie umgebende atmosphärische Luft; Wärmeentwickelung durch die Blüthen, 227; Vegetation der Pflanzen in reinem Wasserstoffgase, 271; Fixirung des Wasserstoffs durch die Pflanzen, 272; Einfluss des Ammoniaks auf das Gedeihen der Pflanzen, 280; Einfluss des Bodens auf die Bestandtheile der Gewächse, 287; Analyse der Asche des Heidelbeerstrauchs, der Fichte, des Oleanders und Wachholders, 288;

Digitized by Google

Aschenprocente in Pflanzen und Pflanzentheilen, 290; Analyse der Asche der Kastanie, der Samen von Vicia Faba, des Weizens, Weizenstroh's, der Weizenkleie, Maisstengel, Maissamen, des Gerstenstroh's, der Gerstenkörner, der Vicia Faba in der Blüthe und des Stroh's von Vicia Faba, 293; Analyse der Asche verschiedener Theile der Eiche, 303; Aufnahme auflöslicher Stoffe durch die Wurzeln der Pflanzen, 444; Einwirkung der Quecksilberdünste auf die Vegetation, 449; Aussaugen des Bodens durch die Pflanzen, 485; Vertheilung der unorganischen Substanzen in den Pflanzen, 488.

Schaftheu, Analyse der Asche, 297.

Scharling, Analyse der Asche der Reisschalen, 347.

Schattenmann, Wirkung der Ammoniaksalze als Düngmittel, 399.

Scheele, Entdeckung des Sauerstoffs, 3; Keimen der Samen im Wasser, 174; Einfluss der Pflanzen auf die Zusammensetzung der Luft, 210.

Schierling, Analyse der Asche, 327.

Schmalz, Theorie der Wechselwirthschaft, 499.

Schmidt, Analyse der Asche der Gerste, 341, des Weizens, 344.

Schnedermann, s. Knop.

Schnee, rother, 47.

Schneewasser, Einfluss auf die Vegetation, 180.

Schnurrer, Einfluss des Lichtes und der Wärme auf das Keimen, 177; Einfluss des Chlors auf das Keimen, 181.

Schöllkraut, Analyse der Asche, 325.

Schrader, über die erdigen Bestandtheile der Getreidearten, 293.

Schreiber, Einfluss der Blausäure auf die Vegetation, 460.

Schübler, Analyse von Bodenarten, 132; specifisches Gewicht der Erden und Bodenarten, 144; wasserhaltende Kraft derselben, 146, 161; Festigkeit und Consistenz derselben, 147; Fähigkeit, mehr oder weniger schnell auszutrocknen, 148; Volumensverminderung, 149; Fähigkeit, Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen, 150; Absorption von Sauerstoffgas, 153; wärmehaltende Kraft (specifische Wärme), 156; Erwärmung durch das Sonnenlicht, 157; galvanisches und elektrisches Verhalten der Erden, 158; über das Keimen der Getreidekörner in verschiedenen Erdarten, 159; Wirkung der Talkerde auf die Vegetation, 429.

Schübler und Mayer, Einfluss verschiedener Salze auf die Vegetation und des Kochsalzes insbesondere, 437; Einfluss des weissen Arseniks, 448.

Schultz, Zersetzung der Säuren durch die Pflanzen im Sonnenlichte, 262.

Schwämme, Verhalten gegen die umgebende Atmosphäre, 251.

Schwefelsäure, Einfluss auf das Keimen, 184.

Schwefelwasserstoff, in der atmosphärischen Luft, 37; in der Luft der Meeresküsten, 61.

Schwerz, Classification der Bodenarten, 141.

Seeluft, Variationen im Sauerstoffgehalt, 19, und im Kohlensäuregehalt, 29; Gehalt an salzsauren Salzen, 34.

Seguin, Einfluss des Sublimats auf die Vegetation, 450.

Selleriepflanzen, chemische Untersuchung des in denselben enthaltenen Wassers, 189.

Sementini, über Blutregen, 50.

Senf, Analyse der Samenasche, 324.

Sennebier, über die grüne Materie, 56; Zersetzung der Kohlensäure durch die Pflanzen, 211; Wärmeentwickelung durch die Blüthen von Arum, 229; Verhalten der Früchte gegen die umgebende Luft, 231; Verhalten der gefärbten Strahlen bei Zersetzung der Kohlensäure, 258.

Seybert, Analyse des Granats, 73.

Sigaud de la Fond, Zusammensetzung der Atmosphäre, 4.

Smith, Versuche über die Wirkung des Gipses auf die Vegetation, 408.

Digitized by Google

Souchay, Analyse der Asche der Quittenkerne, 320, der Citronenkerne, 321, der Stechapfelsamen, 330; der Madiasamen, 331, der Buchensamen, 337.
Spargel, Analyse der Asche, 340.
Spatzier, Theorie des Gipsens, 414.
Sphagnum palustre, Analyse der Asche, 355.
Sprengel, Analyse von Bodenarten, 135; anorganische Bestandtheile des Splintes und des Holzkörpers, 303; Analyse der Asche von Weizen, Roggen, Hafer, Gerste, Erbsen, von Eichen- und Rothbuchenholz und Runkelrübenwurzel, 308; über Düngmittel, 385; Wirkung des gebrannten Thones als Düngmittel, 443.
Stalldünger, Analyse, 372; Bildung, 373.
Stas, Zusammensetzung der atmosphärischen Luft, 18.
Stechapfel, Analyse der Samenasche, 330.
Steineiche, Analyse der Asche des Holzes, 296.
Steinkohlenasche, als Düngmittel, 431.
Steinmann, über den rothen Alpenschnee, 49.
Stenhouse, Analyse der Asche des Zuckerrohrs, 348.
Stickstoff, Bestandtheil der Atmosphäre, 3; Absorption desselben beim Keimen der Samen, 176; Assimilation durch die Pflanzen, 276, 506; Menge des durch die Pflanzen fixirten, 276.
Stoppelrüben, Analyse der Asche, 335.
Strahlstein, Analyse, 74.
Struve, Kieselerdegehalt der Equisetaceen, 349.
Sublimat, Einfluss auf die Vegetation, 450.
Sumpfgewächse, Vegetation in reinem Wasserstoffgase, 271.
Syenit, Zusammensetzung, 74.

T.

Tabaksblätter, Berechnung der in der Asche enthaltenen Basen auf 100 Theile, 312; directe Bestimmung des in den Basen enthaltenen Sauerstoffs, 313; Analyse der Asche, 329.
Tabakswurzel, Analyse der Asche, 296.
Talkerde, Wirkung auf die Vegetation, 428.
Tanne, Analyse der Asche der Samen, 338, des Holzes, 295, 339, der Rinde und der Nadeln, 339.
Tennant, Wirkung der Talkerde auf die Vegetation, 428.
Teschenmacher, Analyse des Guano, 392.
Tessier, über den Klebergehalt des Weizens, 385.
Thaer, Wirkungsart des Gipses, 413; Einfluss seiner Schriften, 484; Theorie der Wechselwirthschaft, 485.
Thaer und Einhof, Bodenanalysen, 129; Classification der Bodenarten, 138; über Düngerarten, 385; Analyse der Torfasche, 433; über Torfdüngung, 435.
Thénard und Dupuytren, Schwefelwasserstoff in der atmosphärischen Luft, 37.
Thomson, Analyse des Augits, 74; Analyse der Asche der Flechten, 354.
Thon, Analyse der Erbsenasche, 316, der Asche der Bohnen, 317, des Weizens, 344; Anwendung des gebrannten zur Verbesserung des Bodens, 442.
Thonschiefer, Analyse, 84.
Topinambour, Analyse der Asche, 333.
Torf, Analysen, 434; Düngversuche, 435.
Torfasche, Anwendung als Düngmittel, 431; Analyse, 433.
Torfharze, Zusammensetzung, 124.
Trachyt, Analyse, 78.
Trachyt-Porphyr, Analyse, 77.
Traubenhollunder, Analyse der Asche des Holzes, 295.
Traubenmost, Analyse der Asche, 323.
Tremolit, Analyse, 74.

Digitized by Google

Treviranus, Einfluss der Quecksilberdünste auf die Vegetation, 449.
Trinichetti, Absorption von Salzen durch die Wurzeln der Pflanzen, 451.
Trolle-Wachtmeister, Analyse des Granats, 73.
Tschornasem, Analyse, 125.
Tuff, Zusammensetzung, 80.
Turner, Zusammensetzung der Atmosphäre, 11.
Turner und Christison, Wirkung der giftigen Gase auf die Pflanzen, 475.
Turnips, Analyse der Blätterasche, 325.

U.

Ulme, Analyse der Asche des Holzes und der Rinde, 334.
Ulmin, Entdeckung, 93; Analyse, 94.
Ulminsäure, Analyse, 94.
Ure, Analyse des Guano, 392.
Usiar, Einfluss des Chlors auf das Keimen, 181.

V.

Van-Beek und Bergsma, Wärmeentwickelung durch die Blüthen, 230.
Vauquelin, Entdeckung des Ulmins, 93; Analyse des Pferdeharns, 369.
Verver, Zusammensetzung der Atmosphäre, 16.
Verwitterung der Gesteine, 69, des Feldspaths, 70.
Vicia Faba, Analyse der Asche der Samen, 293, 317, der blühenden Pflanze und des Stroh's, 293.
Villèle, Versuche über die Wirkung des Gipses als Düngmittel, 408, 410.
Völckel, Analyse des Guano, 391.
Vogel, F. C., Zusammensetzung der Atmosphäre, 11.
Vogel, A., Kohlensäuregehalt der Seeluft, 29; Gehalt der Seeluft an salzsauren Salzen, 34 u. 35; Miasmen in der Luft eingeschlossener Räume, 40.
Vogel, A. jun., Salpetersäure im Brunnenwasser, 119; Vertheilung der Mineralsubstanzen in den einzelnen Organen der Pflanze, 304; Analyse der Kartoffelasche, 331; Einfluss des Guano auf die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen, 393; Wirkung des Sublimats auf die Vegetation, 451; des salpetersauren Quecksilberoxyduls, 451, verschiedener Metallsalze, 454.
Vogelkirschenbaum, Analyse der Asche des Holzes und der Rinde, 320.

W.

Wachholder, Analyse der Asche, 288.
Wachsthum der Pflanzen, 184.
Waldung, jährlicher Ertrag eines Hectares, 185.
Wallnussbaum, Analyse der Asche des Holzes, 296.
Wasser, Berechnung der Menge des während der Vegetation der Pflanzen fixirten, 275.
Wasserstoff, bildet mit freiem Stickstoff kein Ammoniak, 110; Vegetation der Pflanzen in reinem, 225, 271; Assimilation durch die Pflanzen, 270; Freiwerdung bei der Fäulniss organischer Stoffe, 101.
Watson, Kohlensäuregehalt der Atmosphäre, 30.
Way, Analyse der Asche der Leinpflanze, 321, der Kartoffeln, 330, der Gerste, 342.
Wechselwirthschaft, Entstehung, 482; Theorie, 485; Vortheile, 500; quantitativ-chemische Untersuchungen, um diese Vortheile zu beweisen, 502.
Weinrebe, Analyse der Asche, 322.
Weissbuche, Analyse der Asche des Holzes, 295.
Weizen, Keimversuche mit den Samen, 177; Analyse der Asche der Körner, 293, 295, 308, 344; Stickstoff- und Klebergehalt der verschiedenen Arten, 390.

Digitized by Google

Weizenstroh, Analyse der Asche, 297, 344.
Wicken, Analyse der Asche, 318.
Wiegmann, Analyse der Asche des Haidekrauts. 327, von Carex caespitosa, 341, Eriophorum vaginatum, 341, Sphagnum palustre, 355; Analyse des Torfes, 434.
Wiegmann und Polstorff, die anorganischen Stoffe wesentlich für das Gedeihen der Pflanzen, 298; Zersetzung des Feldspaths, 71; über das Ernährungsvermögen des Humus, 197.
Wiesen, Vortheile derselben für das Getreideland, 513.
Will, über die Ammoniakerzeugung, 108.
Will und Fresenius, Methode der Aschenanalyse, 308; Berechnung der in den Tabaksaschen enthaltenen Basen auf 100 Theile, 312; directe Bestimmung des in den Basen der Tabaksblätteraschen enthaltenen Sauerstoffs, 313; Analyse der Asche der Erbsen, 316, des Apfelbaumholzes, 320, der Mistel, 325, der Tabaksblätter, 329, des Weizens, 344, des Roggens, 346, der Flechten, 354.
Wind, Einfluss auf den Kohlensäuregehalt der Luft, 23.
Wolff, Analyse des rothen Porphyrs, 77.
Wollaston, chemische Untersuchung des rothen Schnees, 48.
Woodhouse, über die Vegetation der Pflanzen, 217.
Wrangel, über den rothen Schnee, 47.
Wrightson, Analyse der Asche des Fingerhuts, 327, des Schierlings, 327, der Rinde und des Holzes der Ulme, 334.
Wurzelaschen, Uebersicht der Analysen, 361.
Wurzeln, Veränderung der umgebenden Luft, 210, 225.

Z.

Zerstörung der Gesteine durch mechanische, 68, und durch chemische Einflüsse, 69.
Zimmermann, Pyrrhin in der Luft, 36; über den rothen Regen, 50.
Zuckerrohr, Analyse der Asche, 348.
Zwiebeln, Vegetationsversuche, 205.

Digitized by Google

Druck von Philipp Reclam jun. in Leipzig.

Digitized by Google

Im Verlage von Joh. Ambr. Barth in Leipzig erschienen auch:

Annalen der Physik und Chemie. Herausgegeben zu Berlin von J. C. Poggendorff. Jahrgang 1847 oder 70., 71., 72. Band. Dritte Reihe: 10., 11., 12. Band (der ganzen Folge 146., 147., 148. Band). Mit Kupfertafeln. gr. 8. Rthlr. 9. 10 sgr.

[Gilberts Annalen, vollständige Suite von 1 bis 76. Bande nebst Generalregister v. Dr. Müller kosten Rthlr. 108. 20 sgr.

Poggendorffs Annalen, vollständige Suite von 1 bis 69. Bande nebst Ergänzungsbande I., II., 1., 2. und Sach- und Namenregister zu 1 bis 60. Band kosten Rthlr. 164. 24½ sgr.]

Batka, Verzeichniss der neuesten chemischen und pharmaceutischen Geräthschaften, mit Abbildungen. Neue Auflage. gr. 8. 8 sgr.

Bischoff, Dr. G., die Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers, ein Inbegriff aller mit der Wärme in Beziehung stehender Erscheinungen in und auf der Erde. Nach physikalischen, chemischen und geologischen Untersuchungen. Mit Holzschnitten. gr. 8. Rthlr. 2. 15 sgr.

Brandes, H. W., Untersuchungen über den mittleren Gang der Wärmeveränderungen durch's ganze Jahr etc. A. u. d. Titel: Beiträge zur Witterungskunde. Mit Kupfern und Tabellen. gr. 8. Rthlr. 2. 15 sgr.

Götz, Dr. J., die Elemente der Physik, nach mathematischen Principien zum Gebrauche für höhere Schulen und Gymnasien. Nebst 343 in den Text gedruckten Holzschnitten. gr. 8. Rthlr. 2. 18 sgr.

Jahn, Dr. G., hypsometrische Tafeln oder Hülfstafeln für die Bestimmung barometrischer Höhenmessungen nebst Reductionstabellen für Barometerbeobachtungen. 12. 15 sgr.

— Tafeln der Quadrat- und Kubikwurzeln aller Zahlen von 1 bis 25500, der Quadratzahlen aller Zahlen von 1 bis 27000 und der Kubikzahlen aller Zahlen von 1 bis 24000. Nebst einigen andern Wurzeln und Potenztafeln. Stereotypausgabe, hoch 4. Rthlr. 3.

Journal für praktische Chemie. Herausgegeben von O. L. Erdmann und R. F. Marchand. Jahrgang 1847 oder neue Folge 40., 41., 42. Band. Mit Kupfern und Holzschnitten, gr. 8. Rthlr 8.

Digitized by Google

[Journal für technische und ökonomische Chemie. Herausgeg. von O. L. Erdmann. 1. bis 18. Band. Rthlr. 18.

Journal für praktische Chemie, oder neue Folge 1. bis 39. Band. Nebst Sach- und Namenregister zu 1 bis 30. Band. Rthlr. 62. 20 sgr.

Marchand, A. F., Grundriß der organischen Chemie. gr. 8. 21 sgr.

— chemische Tafeln zur Berechnung der Analysen. Nach den neuesten Bestimmungen entworfen. gr. 8. 24 sgr.

Meyer, Dr. M., Erfahrungen über Fabrikation und Haltbarkeit des eisernen und bronzenen Geschützes. 2te Aufl., mit 3 Kupfertafeln, gr. 8. 18 sgr.

— die Feuerwerkerei in ihrer Anwendung auf Kunst, Wissenschaft und Gewerbe. Nach neuen Versuchen bearbeitet. gr. 8. 18 sgr.

Naumann, Dr. C. F., Grundriss der Krystallographie. Mit 3 Kupfern. gr. 8. Rthlr. 2.

Plattner, C. F., die Probirkunst mit dem Löthrohre, oder Anleitung, Mineralien, Erze, Hüttenproducte und verschiedene Metallverbindungen vor dem Löthrohre, mit theilweiser Anwendung des nassen Weges, qualitativ fast auf alle Bestandtheile, und quantitativ auf Silber, Gold, Kupfer, Blei und Zinn in kurzer Zeit zu untersuchen. 2te ganz umgearbeitete Aufl. Mit in den Text gedruckten Holzschnitten. gr. 8. Rthlr. 3. 15 sgr.

Scharlau, Dr. G. W., Lehrbuch der Pharmazie und ihrer Hülfswissenschaften, zum Gebrauch für Aerzte, Apotheker und Studirende der Medicin. 2 Bände. Mit 21 lithogr. Tafeln. gr. 8. Rthlr. 4.

Tralles, Untersuchungen über die specifischen Gewichte und den Inhalt der Mischungen aus Alkohol und Wasser etc. Mit 1 Kupfer. geb. 15 sgr.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google